

目 录

欧盟委员会发布《大西洋行动计划 2.0》	1
保持物理距离的数字政策：	
28 项将带来长期回报的刺激计划	11
气候科学的 10 个新见解	35
机器人技术与生产和工作的未来	49
欧盟加速提升卫生领导力 中欧新冠医疗外交需整体谋划 ...	59
对于提升企业技术创新能力的几点看法	69
美欧数据战略与数据治理动态	73
欧洲提出捍卫经济主权 欧美加紧恢复跨大西洋关系	87
日本发布《2020 科学技术白皮书》：	
预测未来技术发展前景	95
2020 美国国家创新体系解读	105
构建 COVID-19 治疗的关键路径	119
人工智能与医疗保健	127
制造业科技人力资源流失严重亟待重视	
——科技人力资源与经济结构或产业结构关系研究	139

日本量子科技的最新趋势和未来展望	
——基于第 11 次技术预见调查结果的分析	147
科学支撑未来决策：英国技术预见的经验与启示	163
欧洲议会 STOA 开展技术预见研究分析及启示	177
基于复杂网络的产业核心技术识别预测研究	
——以能源产业为例	193
生命健康领域前沿探测方法和技术预见实践探索	207
网络安全技术发展方向与趋势研究	225
我国集成电路领域重要技术发展趋势和技术预见浅析	239
新能源关键技术预见的研究	259
以前瞻性技术预见等战略分析工具支撑关键核心技术的	
战略突破：集成电路领域案例	275
全球粮食供应链危机下的农业科技创新展望及启示	291
OECD 发布《科技和创新的数字化：关键发展与政策》报告	301
英国发布解封计划：COVID-19 复苏战略	309
发明人工智能：追踪美国 AI 专利扩散	317
全球数字货币发展策略的最新动态	329
欧盟委员会发布《欧洲数据和人工智能战略》：	
塑造欧洲的数字未来	343
美国对人工智能相关人才的需求	347
欧盟科技政策新航标——“地平线”计划	357
英国如何应对新冠疫情期间的“数字鸿沟”	367
日本科技政策发展动向及应对建议	379
北极政策与战略——分析、综合和趋势	389

印度生物技术的创新经验·····	397
2030 数字罗盘：欧盟数字十年战略 ·····	407
发挥科协组织优势 助力企业数字化转型 ·····	421
美国《量子前沿》报告强调八大前沿领域·····	427
关于“科创中国”科技信息资源整合的几点建议·····	433
5G 新基建撬动未来智慧城市建设 ·····	439
美国物理学会对新总统的科学建议·····	455
美国智库预测新冠肺炎疫情对未来的影响·····	463
新冠肺炎疫情下新兴经济体技术创新四大趋势·····	473
农业的互联未来：数字技术如何带来新的增长·····	481
美国联邦机构科学家流失对科学能力的影响 ——基于 2016—2020 财年的分析 ·····	493
美国的国际科学合作前景 ——国际科学伙伴关系面临的挑战 ·····	505
科创中国试点城市建设系列 ——德阳市开展“科创中国”建设的几点思考 ·····	525
美国顶尖人工智能创业公司投资者分布情况·····	531
面向未来的 100 项颠覆性技术创新（一）·····	541
面向未来的 100 项颠覆性技术创新（二）·····	567
经合组织呼吁各国加强科技创新政策协调 以利于全球共同应对新冠疫情 ·····	587
不同类型的 R&D 经费规模、结构及其国际比较研究 ·····	595
我国 R&D 经费来源与执行规模、结构的国际比较研究 ···	611
我国体制外科技智库的价值、发展中的问题及政策建议··	631

6G、人工智能与机器学习：	
实现速率更快、延迟更低的高效网络	639
英国描绘未来研发路线图.....	649
美国研发竞争力及国际比较.....	657
美国公民科学战略：为管理和保护自然资源提供路径.....	665
加快城市创新生态体系建设.....	675
构建数字时代的国家开放式创新体系.....	681
发挥中国科协资源优势，助力科技服务业产业链纵深发展...	687
兰德报告：公民科学在创新领域的新发展.....	697
关于“科创中国”试点城市分类评价研究的若干思考.....	707
2030 年全球经济主要趋势	715
在不确定的时代加强全球半导体供应链.....	725
欧盟委员会将从“数字欧洲计划”中投资近 20 亿欧元	
以推进数字化转型	735
企业女工程技术人员发展现状、问题及对策.....	741
面向 2035 创新文化建设的进一步思考	757

创新研究报告

第 1 期（总第 429 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 1 月 10 日

欧盟委员会发布《大西洋行动计划 2.0》

〔编者按〕2020 年 7 月 23 日，欧盟委员会（European Commission）发布了《大西洋行动计划 2.0》（Atlantic Action Plan 2.0），旨在欧盟－大西洋地区发展可持续、有适应力、有竞争力的蓝色经济^①（Atlantic Blue Economy），计划范围覆盖法国、爱尔兰、葡萄牙和西班牙。该行动计划着眼于降低当前 COVID-19（新冠肺炎）危机对经济、社会造成的不利影响，提出发展大西洋蓝色经济的数项具体行动目标以应对能源开发、海洋污染、气候变化、经济复苏等各种挑战。

欧盟于 2011 年通过了《大西洋海洋战略》（The Atlantic Maritime Strategy），以支持大西洋沿岸各欧盟成员国蓝色经济的可持续发展。2013 年，欧盟委员会提出了《大

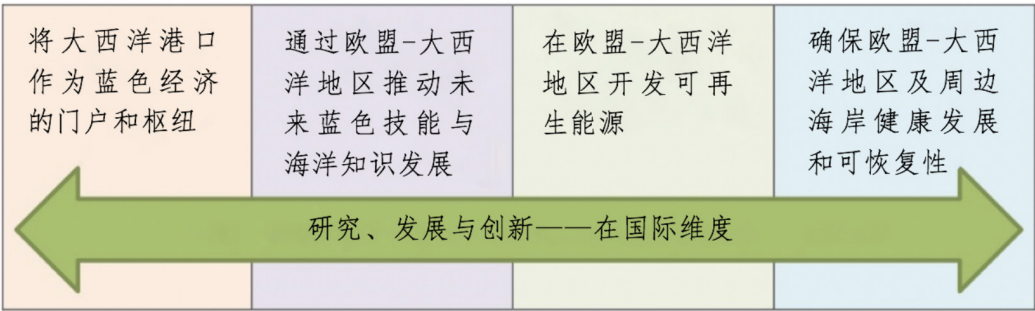
^① 蓝色经济，又称海洋经济，包括为开发海洋资源和依赖海洋空间而进行的生产活动以及相关服务性产业。

西洋行动计划》以实施该战略，并在 2019 年通过的《欧洲绿色协议》中强调要发展蓝色经济以实现可持续发展，在清洁能源转型和改善海洋资源利用等方面做出贡献。COVID-19 危机以来，欧盟委员会又提出了一系列复苏计划。此次发布的最新计划《大西洋行动计划 2.0》便是基于以上几项战略计划与行动的。

《大西洋行动计划 2.0》的修订始于 2018 年对《大西洋行动计划》发布的中期审查结果。该次审查表明，《大西洋行动计划》促成了 1200 多项新的海事项目和近 60 亿欧元的投资（大部分来自欧盟预算），并强调需要改进计划的主题重点、治理结构和监管框架。修订后的《大西洋行动计划 2.0》对大西洋沿岸国家蓝色经济的复苏作用集中在若干面向可持续发展转型并创造大量就业的关键生产部门。

一、共同愿景

修订后的《大西洋行动计划 2.0》旨在释放大西洋地区蓝色经济的潜力，同时保护海洋生态系统，促进适应并缓解气候变化。本行动计划的目标是通过具体行动动员所有利益相关方，如下表所示的四个主题下实现七个目标^②：



② 主题目标中提及的蓝色技能是指发展循环经济所需要的技术能力。

二、四大主题

行动计划的四大主题代表着将愿景转为实际的行动方案，主要侧重于单个地区或国家无法独立解决或者通过合作可以更好解决的问题，旨在帮助促进可持续的蓝色经济增长并加强欧盟 - 大西洋地区国家的合作与凝聚力。

主题一：将大西洋港口作为蓝色经济的门户和枢纽

计划指出，许多日益增长的重要产业都与港口活动密切相关，因此大西洋港口对这些产业的可持续发展以及向无碳经济转型等方面具有重要作用，使其更富潜力。

该主题下包括两项目标：

目标 1：将港口作为大西洋行动中的贸易门户

该目标要求：开发大西洋 TEN-T（全欧交通网络）海上高速公路；到 2025 年建立绿色港口网络；推动大西洋短程航运，使爱尔兰更好地融入行动；启动大西洋液化天然气相关战略；制定经济激励计划以升级港口基础设施；共同制定大西洋港口废物处理计划。

目标 2：利用港口促进商业发展

该目标要求：为大西洋港口制定蓝色经济加速计划以帮助扩大创新型企业规模；各地分享最佳做法、交流想法意见并共同解决问题；将数据收集范围拓展到传统（物流）数据之外；增加关于港口经济潜力的可用数据与数据交流。

主题二：未来的蓝色技能与海洋知识发展

计划指出，通过专业蓝色教育培训可以吸引青年人才加入蓝色经济，海洋合作研究也有助于相关工作者的跨境流动，以满足不断变化的劳动力需求。此外，掌握海洋知识的公民亦可以帮助推动海洋管理。

该主题下包括两项目标：

目标 3：优质教育、培训与终身学习

该目标要求：评估欧盟－大西洋地区间蓝色技能的差距；协调蓝色职业领域的的数据收集；建立商业智能计划并加强联络中心建设以改善企业与培训提供者之间的合作；通过相互学习找出匹配企业与求职者的最佳方法；发挥现有就业信息平台的优势服务蓝色就业。

目标 4：传播海洋知识

该目标要求：开展大西洋知识试点课程；到 2025 年创建 25 所大西洋蓝色学校；在相关项目中加入和传播海洋知识；利用全大西洋青年论坛（All-Atlantic Ocean Youth Forum）传播海洋知识；让公民参与欧盟－大西洋地区海洋相关活动；让公民参与欧洲航海日（European Maritime Day）、国际海洋日（International Ocean Day）以及将来的欧盟海洋平台（EU4Ocean platform）等活动。

主题三：在欧盟－大西洋地区开发可再生能源

《欧洲绿色协议》强调了海上风力发电对向气候中立经济转型的重要作用，因此《大西洋海洋战略》及其计划正积极推动相关区域合作与可持续海洋空间管理。计划指出，要进入能源开发的新阶段，即商业成熟期，就必须保持技术处于领先地位，留住人才，提供可负担的清洁能源，同时考虑人类开发活动对海洋环境的潜在影响以及如何减轻这些影响。此外，想完成这一主题还需要增加资金来源，获得政治支持和民众认可，推动知识共享，以及将最好的实践经验在区域内推广。

该主题下包括一项目标：

目标 5：通过开发海洋可再生能源促进碳中和

该目标要求：为大西洋地区海洋可再生能源制定具体的部署目标，同时考虑其对环境的潜在影响；确定海洋可再生能源农场（包括海上风能）和大西洋沿岸港口的最佳选址，并考虑其对环境的潜在影响；实施创新可再生能源装置部署的激励措施；根据战略能源技术计划（Strategic Energy Technology plan）的理念和目标，汇集涵盖欧盟－大西洋地区的不同海洋可再生能源新方案；通过适当的传播工具提高公众对大西洋可再生能源的认识；加强与欧洲海洋能源协会（European ocean energy community）的合作；为大西洋中属于欧盟的岛屿制定具体的海洋能源开发框架。

主题四：健康的海洋环境与可恢复的海岸环境

计划指出，大量人类活动、自然灾害、气候变化正对欧盟－大西洋海岸环境造成严重不良影响。航运污染、垃圾污染、水下噪音污染等人类活动造成的问题亟待解决。为应对上述问题，相关部门应当重视气候风险管理，实施气候适应性措施，制定可循环、零污染、高能效、保护生物多样性的可持续发展方案并推动跨部门合作。这些做法也有利于当地的经济发展和就业。

该主题下包括两项目标：

目标 6：建立更具适应力的、可恢复的海岸环境

该目标要求：建立全覆盖的预警和观测系统，以应对由于气候变化而增加的风暴和洪水；加强欧盟现有的海洋观测、保护、预警和监控机构之间的协同合作，以及加强实地海洋观测站的建设；建立试验空间和试点试验区，以试行海岸保护方案并推广基于自然的解决方案；推动沿海和海上旅游业的可持续发展；制定与沿海地区风险管理相关的国家风险评估和风险管理计划；在大西洋沿岸社区开展宣传活动；教授年轻人和沿海社区居民

关于海岸线演变的知识 and 适应海平面上升的方法；分享将海洋空间规划应用于建立海岸适应力、恢复力和适用环境评估的最佳方法；绘制沿海湿地保护图，并监测其作为碳汇^③的作用。

目标 7：对抗海洋污染

该目标要求：开发“无垃圾”（litter-free）沿海社区试点项目；利用现有设备确定海洋垃圾的主要来源、路径和多发地区，以及发现意外的或蓄意的污染事件；鼓励基于循环经济的商业行为，制定激励措施和环保认证制度；发起联合行动以提高公众对相关问题的认识，例如设立海滩日，让社区居民一起清洁海滩；推动垃圾打捞行动，鼓励所有渔民在正常捕鱼作业期间将打捞到的垃圾一起带上岸；根据《奥斯陆巴黎保护东北大西洋海洋环境公约》（OSPAR）参与集体行动以实施海洋垃圾区域行动计划；促进协调有效地实施欧盟海洋战略框架指令（MSFD）要求的针对海洋垃圾和水下噪声的行动；支持欧盟民事保护机制（Union Civil Protection Mechanism）以及波恩协定和里斯本协定的工作，针对蓄意和意外的污染事件做到有效预防、准备和应对；促进部门间合作，协调海上和海岸线响应。

三、计划管理

（一）计划的协调

该行动计划的政治协调由各参与国指定的负责海事事务的部长负责，由成员国负责制定广泛的政治准则、评估相应的执行情况并重视行动的主动权。成员国还可以与欧盟委员会协商，决定将《大西洋海洋战略》覆盖范围扩大到任何有意愿加入的

③ 碳汇，是指通过植树造林、森林管理、植被恢复等措施，利用植物光合作用吸收大气中的二氧化碳，并将其固定在植被和土壤中，从而减少温室气体在大气中浓度的过程、活动或机制。

国家。此外，大西洋战略委员会（由欧盟委员会担任常设成员）负责确保业务协调，在其职能范围内作为行动计划的决策（执行）机构，确保沿海区域代表按规定参与相关工作（依照欧盟各成员国宪法相关规定）。针对不同情况可以邀请相关供资、筹资机构及其他机构的代表作为观察员。具体管理方式和议事规则将由具体工作安排决定。

（二）计划的实施与报告

该行动计划邀请沿海地区部门、私营部门、研究人员、国家公共机构与其他行动者规划符合主题要求的项目，相关的创新研究和知识交流都应在行动计划的综合领导下展开。

为有效实施计划，以下必须满足的条件需在早期阶段就得到明确：

1. 成员国必须在修订后的行动计划实施之前予以批准；参与国必须认可该行动计划的优先超过政策、部委和各级政府所辖；各参与国需要根据自身能力确定优先事项，承担相关责任，在国家和地区两级协调政策和资金，鼓励地区当局、私人投资者在现有机制和框架内参与，并根据各国能力采取相关手段、提供相关资源；

2. 大西洋战略委员会需要定期审查和更新行动计划的重点领域，并提出 / 批准示范性行动或项目；

3. 欧盟委员会需要推动实施欧盟层面的战略方针，包括协调配合并尽可能筹措现有欧盟相关倡议和主题行动所需的资金；

4. 各国政府视情况在国家层面监测和评价本国进展情况（包括在大西洋援助机制的支持下），并对计划进一步实施提供指导；

5. 重要利益相关者应参与，包括国家、地区和地方当局、

经济和社会活动参与者、民间社会、学术界和非政府组织；可以举办公共活动以推动上述相关者参与（例如，年度论坛、企业对企业和投资者投资 / 提速融资活动）；

6. 大西洋战略委员会将通过定期跟踪和进展跟踪做出政治层面的报告，并负责确保行动计划的实施；

7. 设立一个专门的援助机制为欧盟成员国提供前期支持，帮助实现每个主题下的目标；其职责还包括让各利益相关者参与行动，帮助他们形成合作并收集建立基线、监测和报告进展所需的任何数据，并维护大西洋海洋数据中心；

8. 沟通协调《大西洋行动计划》和《大西洋海洋战略》（Atlantic Maritime Strategy）是欧盟及其成员国在国家、地区和地方各个层面政府的共同责任；援助机制将在欧盟 - 大西洋地区制定协调一种长期的沟通方式。

对计划的跟踪评估有助于了解其进展状况，持续的审查反馈也将为日后的可能修订提供帮助。

（三）筹措资金和融资

欧盟预算中并没有为《大西洋行动计划》安排资金，因此行动计划主要依赖于欧盟和各个国家基金以及与目标行动相关的融资途径。欧盟成员国可参考往年欧盟 - 大西洋地区发展的主要资金来源，如欧洲投资银行（European Investment Bank）、欧洲区域和发展基金（European Regional and Development Fund）、欧洲战略投资基金（European Fund for Strategic Investment）等。

计划还列出了欧盟成员国及其沿海地区可利用的资金来源：

欧洲结构与投资基金（European Structural and Investment Funds）包括欧洲海洋与渔业基金（the European

Maritime and Fisheries Fund) 和欧洲区域发展基金 (the European Regional Development Fund) ;

地平线 2020 (Horizon 2020) 和地平线欧洲 (Horizon Europe) 研究计划;

企业和中小企业竞争力计划 (COSME Programme) ;

“连接欧洲设施” (Connecting Europe Facility) 中的基础设施建设计划;

“Erasmus+” 教育、培训、青年和体育项目;

环境和气候生命 (LIFE) 计划;

改革支持计划 (Reform Support Programme) , 要求提供财政和技术支持;

预防和应对跨境风险和海洋污染的欧盟民事保护机制。

四、其他事项与英国脱欧

行动计划的实施不需要修改欧盟法律。计划旨在深化实施与欧盟 - 大西洋地区相关的欧盟政策, 并加强它们之间的协同作用, 以支持欧盟 - 大西洋地区可持续、可恢复和有竞争力的蓝色经济。

为了扩大行动计划的群众基础, 应积极加入有知名度的联系网络, 以便与欧洲企业网络 (European Enterprise Network) 、美国研究网络联盟 (FARNET) 、各地区和地方兴趣小组等各种专业团队合作。此外, 还需寻求与其他政府间机构的协同合作, 如《保护东北大西洋海洋环境公约》和《大西洋研究联盟》, 其覆盖范围与本计划相似。

从 2020 年 2 月 1 日开始, 英国不再是欧盟成员国。英国将以第三国身份参与计划。

（编译：周成效 罗彧，责任编辑：王楠）

文章来源

[https://ec.europa.eu/info/news/atlantic-action-plan-20-
2020-jul-27_en](https://ec.europa.eu/info/news/atlantic-action-plan-2020-jul-27_en)

创新研究报告

第 2 期（总第 430 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 1 月 10 日

保持物理距离的数字政策： 28 项将带来长期回报的刺激计划

〔编者按〕肆虐的新冠肺炎疫情揭示了美国社会对施行保持物理距离的数字化准备程度的不足。信息技术与创新基金会（The Information Technology and Innovation Foundation, ITIF）于 2020 年 4 月发布关于保持物理距离的报告，为政策制定者提供了提高相关数字化准备程度的关键步骤，确定了政策行动的三个关键领域：支持基础技术平台、支持有针对性的技术进步，以及在关键领域实现更多的数字技术应用。

报告指出，为了最大限度地提高社会的数字化准备程度，政策制定者必须完成两件关键任务：一是扫除众多行业（从医疗、零售到教育和交通等）中限制远程和自动化数字功能的监管不足。二是积极支持通用宽带、电子身份证等关键数字平台和自动驾驶汽车等关键技术的发展，同时支持政府、医疗等多个领域的数字转型。在国会考虑纾困方案时，它的重点应该放在能够服务于两个主要目标的活动上：在未来 18 个月刺激经济复苏，

同时使美国经济更具适应性，更有能力再次应对类似的危机。报告给出的建议都服务于这两个目标。

全球化和大规模旅行促成了 COVID-19 的传播，数字技术的进步使得有效保持物理距离变得更加容易。但是目前大多数国家保持物理距离的实践暴露了人类社会的数字化准备严重不足。如果政策制定者抓住机会解决这些差距，他们将使世界更容易应对下一次流行病（希望不会很快发生），同时也会带来显著的社会和经济效益。

一、数字平台

技术支持的物理距离和自动化的核心是数字平台和关键应用程序，包括传输数据的平台（特别是有线和无线宽带网络），以及支撑许多其他应用程序的关键应用程序，包括数据、电子身份证和电子支付等系统。在某些情况下，政府需要发挥更积极的作用，支持私营部门努力赢得服务的机会（例如农村宽带）；某些情况下，政府需要确保监管不造成障碍（例如过于严格的隐私法规）；某些情况下，政府需要发挥主导作用（例如电子身份证）。

（一）通用宽带基础设施

美国联邦政府应该确保每个人都有足够的宽带，以便在家工作和学习。

问题：宽带接入是在疫情隔离规定期间维持经济活动的重要工具。尽管至少 20 年来宽带的速度和覆盖范围不断增加，但仍有超过四分之一的美国农村人口没有速度至少为 25Mbps 的下载和 3Mbps 的上传宽带。

解决方案：国会应该为一些地区的宽带基础设施提供一次

性大规模注资，资金应通过技术中立的反向拍卖进行分配，重点是在没有服务（而不是服务不足）的地区实现合理的速度。因为远程工作，特别是视频会议，可能需要比正常情况更高的上传速度，所以任何程序都应该确保足够的上传和下载容量。

（二）强大的 5G 部署

各国政府应努力加快下一代移动平台的广泛部署。

问题：目前的 4G 网络虽然比 3G 网络好得多，但受制于技术限制，这些限制可能会阻碍远程工作、远程医疗以及高性能机器人和自动化等创新，这些创新将使美国的经济更具生产力，更能抵御未来的危机。5G 技术在应对这些挑战方面大有可为。然而，地方政府有时会不适当地限制部署，稀缺的频谱可用性会影响性能，而且考虑到高资本成本和有限的收入增长能力，投资 5G 的商业理由可能不充分。

解决方案：与以前的无线网络相比，5G 将需要更小、更不显眼、但数量更多的蜂窝基站。这种“密集化”表明需要重新思考通过灯杆（pole）和公共路权（Rights of Way）内的小型基站本地访问 5G 网络的规则，以及为加快 5G 部署需要对乡村或其他高成本地区的扩建给予资金支持。美国还需要为商业移动使用分配更多的中频频谱，州和地方政府应尽一切努力实现 5G 的扩展，而联邦政府也应这样做，包括分配更多的频谱，减少限制性的地方政府政策，并在联邦机构的运作中尽可能地应用 5G 技术。最后，从当前到 2021 年年底，国会应该为直接用于 5G 建设的资本支出提供税收抵免，从而扶持 5G 的初步扩建。

（三）普遍采用宽带

美国联邦政府应与州和地方当局协调，努力提高宽带采用率，包括通过扩大联邦通信委员会（Federal Communications

Commission, FCC) 的生命线计划。

问题：虽然大约 93% 的人口可以使用宽带，但实际上只有大约 70% 的美国家庭在家中使用互联网。

解决方案：美国应该朝着在每个人都能很容易地访问互联网的假定条件下社会能够自我实现有序化的这一目标努力。具体而言，政策应针对具体的联网障碍进行调整，包括缺乏联系/兴趣、数字素养或网络连接和设备的可负担性。在可负担性方面，国会应改革联邦通信委员会的生命线计划，以扩大和改善低收入用户的补贴宽带选项，包括允许家庭拥有两条连接（如一个移动和一个固定宽带）。理想的情况是，任何额外的救助方案都将包括对这种扩展的一般资金支持，并让运营商广泛参与，而不仅限于指定的有资格的电信运营商。

（四）虚拟和增强现实

美国联邦政府应该支持虚拟现实和增强现实技术（本文中简称为 XR 技术）的发展，同时在适当的时候采用这些技术。

问题：即使有快速可靠的宽带，物理距离的一个挑战是，数字交互在很大程度上仍然局限于计算机屏幕上的二维图像。虚拟和增强现实技术可以弥合这一差距，并用于支持远程学习、工人培训和科学研究。

解决方案：许多公司专注于 XR 技术和应用的开发。然而，对 XR 计算机科学研究额外资助可以帮助刺激更多的创新。此外，XR 应用程序可以帮助许多政府机构更好地完成任务，白宫首席技术官应该召集一个由 XR 专家和政府机构人员组成的工作组，以确定有价值的应用程序，并提出加快应用的方法。

（五）电子身份证

美国联邦政府应向任何需要电子身份的美国居民提供安全

的电子身份，从而实现更远程的在线活动。

问题：很少有人能在网上证明自己的合法身份，这使得完全依赖网络安全地完成例如签订合同、开立银行账户或访问政府服务等各种活动变得更加困难。这种不足也使得美国财政部在经济危机期间很难向美国人的手机金融应用程序发送电子款项，因为它不能确定接收者的身份。

解决方案：许多国家正在投资电子身份识别系统，允许个人在网上合法地证明个人身份或者身份属性。美国政府应该指示一个联邦机构以象征性的费用向美国居民提供电子身份证来刺激电子身份证的供应。美国国务院和美国国土安全部都已经建立了工作系统和操作流程，可以很容易地进行调整，以发放电子身份证——要么作为独立的产品，如智能卡或手机软件证书，要么附在现有的身份证件上，如护照。这样做不仅可以在必须保持物理距离的非常时期提高社会的运行功能，还可以在其他时期提高生产力和便利性。

（六）移动和远程支付

国会应加快采用移动支付技术，方法是在国家层面实现银行监管标准化，建立金融技术监管沙箱以鼓励新服务，并允许政府服务采用移动支付选项，如公交系统。

问题：美国在采用移动支付方面明显落后于中国等其他国家。包括零售支付在内的许多金融交易都是使用现金或其他当面交易进行的，这带来了疾病传播的风险。移动支付在美国没有像在其他国家那样迅速发展的一个原因是，美国没有涉及支付和其他州际金融产品的数字单一市场，各州之间在金融监管方面缺乏协调和配合，给跨辖区运营的金融科技公司带来了过高的成本。

解决方案：移动支付系统的广泛使用将使政府能够在经济危机时期快速、轻松地向居民支付款项。通过规范国家级银行监管，通过金融科技监管沙箱鼓励新服务，以及为运输等政府服务提供移动支付选项，国会可以极大地帮助推进移动支付技术。标准规则将使扩大移动支付解决方案变得更加容易。监管沙箱也是如此，允许公司创建不完全符合现有监管框架的新服务，同时仍接受监管。最后，通过在公共交通等高接触应用中扩大政府对移动支付的使用，政府可以减少传播感染的潜在媒介。

（七）隐私条例

国会应通过立法，建立一个国家数据隐私框架，允许组织在疫情期间为公共卫生目的与政府当局和合格的研究人员共享个人身份信息。

问题：数据可以在疫情应对中发挥作用，允许当局跟踪疾病的传播，测量遵守居家命令的水平，并识别可能受感染个体（即联系追踪）。但是，由于缺少一个允许社会组织收集并与政府和研究人员共享信息的国家级隐私数据框架，因此，疫情期间许多基于数据驱动的公共卫生干预措施难以实施。此外，由于担心违反隐私法，一些政府官员不愿意向公众发布重要的公共卫生信息，而各州和联邦法律也对数据收集提出了更严格的限制，这可能会使收集消费者数据以重新用于公共卫生的目的变得更加困难。例如，欧洲的《一般数据保护条例》（the General Data Protection Regulation, GDPR）正在限制应对危机所需的数据共享。

解决方案：国会应该通过抢先制定州法律来建立一个统一的国家隐私保护方法，以便更容易地创建国家数据库，用于

组织全国性的流行病应对措施。此外，此类立法应提供明确的例外，以获得符合公共利益的数据使用许可，包括应对公共卫生紧急情况。新冠肺炎危机应该提醒了美国，只关注保护个人权利的隐私法可能会忽视重要的社会和公共价值。立法的目标应该是通过最小化合规成本和数据使用限制来平衡隐私和创新。立法还应解决具体的隐私损害而不是假设的损害，要提高透明度要求，并通过联邦贸易委员会 (FTC) 加强监督和执法。国会立法不应该包括以下要求和限制：数据最小化要求 (data minimization requirement)、普遍性选择加入规则 (universal opt-in rules)、目的明确要求 (purpose specification requirement)、数据保留限制 (limitations on data retention)、删除权 (a right to deletion)、私人行动权 (private right of action)，以及定制隐私要求 (privacy-by-design requirement)。

(八) 电子健康记录

国会应为电子健康记录 (Electronic Health Records, EHR) 系统建立新的最低认证标准，整合新的数据收集、报告和互操作性要求，以满足疫情期间公共卫生官员的需求。

问题：现有的 EHR 系统没有疫情期间所需的重要能力。在患者层面，医疗保健提供者无法轻松跟踪患者的旅行地点，而这是了解健康风险的关键因素。在人口层面，电子健康记录系统没有为公共卫生官员提供获取大量患者信息的途径，也没有提供向公共卫生官员报告患者感染或死亡的确切人数或潜在医疗状况等实时信息的途径。

解决方案：国会应指示美国卫生和公众服务部 (HHS) 制定新的要求，接受疾病预防控制中心 (CDC) 和其他公共卫生官员

的反馈，并将其纳入联邦认证的电子健康记录系统标准中。要开发新的分析工具来检测和监测未来的流行病，就必须在电子健康记录系统中获得更多的信息。此外，这些系统需要具备互操作性，以便政府官员能够分析来自各州的数据。

（九）数据

国会应该建立一个流行病数据工作队伍，以确定国家数据基础设施中可能破坏未来应对措施和不足，例如国家信息技术系统之间缺乏标准。

问题：获取数据的困难破坏了政府应对新冠肺炎疫情的努力。例如，疾病预防控制中心无法从商业航空公司获得其想要的的数据，以跟踪乘客来自哪里以及他们与谁一起旅行。大量的政府数据收集工作，特别是在州和地方层面不符合国家标准，这导致了数据的不一致和不完整，并使得在疫情期间更难在国家或地图层面对健康、社会和经济状况进行实时监测。

解决方案：国会应该建立一个工作小组，以确定收集和使用数据来应对未来流行病所固有的各种挑战，并为国会和政府提出行动建议。例如，国会应该要求各州遵守任何联邦资助的州信息技术系统的联邦数据标准，以便以统一的方式收集来自处方药监测计划、纵向教育数据库和执法记录的数据，从而可以用更便利、更省时的方式分析各州的数据。创建更多的联邦数据标准将使跨州汇总数据更加容易，并有可能构建可在各州使用的分析工具。

二、技术发展

整个世界正开始转变为一种新的数字系统，这种系统不仅建立在现有的设备和系统上，也越来越多地融入传感器、机器人和人工智能（AI）等迅速发展的新兴技术中。新一代数字经济

将更有互联性，更加自动化和智能化。这些技术不仅将支持许多功能的自动化，还将提高生产灵活性，使工厂能够更容易地转向生产危机期间需要的产品，如呼吸机。

（一）机器人技术

美国联邦政府应该启动一个类似阿波罗计划的项目，大大加快机器人的发展，每年投资 50 亿美元用于研发。

问题：疫情的一个关键挑战是确保一线医护人员的健康。在一定程度上，机器人可以在照顾病毒携带者方面执行某些任务，这将有助于限制病毒的传播，更好地保护一线医护人员。

解决方案：机器人是物理距离的终点，因为它们不会生病。机器人可以帮助向医院的病人运送食物和检测试剂，可以帮助护理养老院的老人，可以进行擦拭喉咙和测量体温等测试，可以处理污染废物，以及可以进行区域消毒。中国和欧洲已经在实施一种利用紫外线对房间进行消毒的机器人应用程序。远程操作机器人还可以用于制造和发电厂等其他应用中的“动手”工作。机器人也有助于实现更灵活的生产系统。

国会应该每年拨款至少 50 亿美元，由各种联邦机构投资，包括能源部 (DOE)、国防部 (DOD)、农业部 (USDA) 和国家科学基金会 (NSF)，不仅支持大学和联邦实验室研究拨款，还要支持对开发机器人技术的公司的直接、共同资助的竞争性拨款。机器人帮助应对疫情所需的许多技术是可用于实现多种机器人应用的“军民两用”技术。

（二）3D 打印

联邦政府应大幅增加对 3D 打印和相关技术开发的资助，这将为美国制造业提供更大的灵活性，使他们能够更容易地将生产转移到国家紧急情况下所需的项目上。

问题：对于社会来说，在疫情或国家紧急状态下储存所有必需物资成本高昂，例如新冠肺炎期间的口罩、手套、呼吸机和其他医疗设备等，但是没有这些必需物资会付出生命的代价。不幸的是，鉴于目前的生产技术，制造商转移生产和增加所需供应可能需要太长时间，而其他国家可以限制对美国的出口。

解决方案：几十年来，制造业专家一直在谈论柔性生产的潜力，即企业快速、廉价地从一种产品转向另一种产品的能力。计算机辅助设计系统和柔性机床等技术对这一过程很重要，但增量制造（3D 打印的一种形式）也将发挥关键作用。例如，3D 打印公司 Formlabs 正在努力获得食品和药物管理局（FDA）对新冠肺炎测试中使用的 3D 打印拭子的许可。其他公司正在研究 3D 打印口罩、面罩、呼吸机阀门，这些技术也将使生产从中国等地迁回变得更容易，因为灵活的生产技术在美国等成本较高的地区更具竞争力。虽然这些技术有所改进，但仍需要科学和工程研究来改进过程控制、公差、光洁度、可使用材料的范围以及系统速度等问题。为了帮助推进这些技术使美国公司更具竞争力，国会应大幅增加对 3D 打印技术研发的资助。

（三）人工智能

白宫应该建立一个由商业、学术和政府利益相关者组成的特别工作组，以确定和扩大使用人工智能实施物理距离的机会。

问题：人工智能的更广泛使用可能会使物理距离发生许多重要变化。例如，人工智能可以帮助建模和预测疾病的传播，帮助医生远程监控患者，对新患者进行分类，优化关键医疗用品的交付，并通过聊天机器人与医院、零售店和其他地方的受感染或潜在受感染的个人进行交互。然而，目前还没有实现组织化的运作来利用人工智能辅助保持物理距离，这会导致错失良机。

解决方案：一个工作组可以确定使用人工智能进行物理距离的关键优先级，评估任何潜在的限制或障碍，并就私营部门、政府和大学如何支持这些努力提出建议，以及向国会提出任何必要的建议，包括为人工智能研究提供额外的资金。

（四）物联网

国会应该制定并资助一项具有全球竞争力的智能城市计划和国家物联网战略。

问题：当政府实施新政策时，比如居家命令，他们很难理解这些法令对他们社区的影响。结果，他们被迫做出并坚持这一重要的政策决定，因为关于他们政策的效力和意外后果的证据往往要到很久以后才为人所知。

解决方案：私营部门正在开发互联技术，以支持智能家居、智能城市 and 智能基础设施，但这些进步是支离破碎的。越来越多采用物联网设备对于生成能够帮助社区更好地应对疫情的关键数据集是必要的，例如跟踪公共卫生趋势的智能恒温器和了解人们的健身习惯、睡眠行为和整体健康指标在疫情期间如何变化的健身跟踪器。地方政府还可以使用互联技术来更好地管理公共服务和资源，从而提高危机时期的复原力。

国会应该为智慧城市拨款至少 20 亿美元。美国交通部 (DOT) 在 2016 年举办智能城市挑战时，近 80 个城市竞争 4000 万美元的资助。在这个过程中，许多城市制定了详细的计划，说明他们将如何投入额外的资金来成为智慧城市。国会应该授权新一轮的拨款，在竞争的基础上对 10 个大城市、20 个中等城市和 30 个小城市的智能城市基础设施给予投资。交通部可以在之前智能城市挑战的基础上，快速开展并完成对这一竞争过程的审查。

（五）区块链

国会应该资助一个有政府主导的区块链的试点项目计划，在地方、州和联邦各级扩大区块链倡议的数量。

问题：许多交易，如购买或出售财产，需要使用可信的中介，如银行或政府机构。当这些机构不可用时，物理距离政策就受到了限制。

解决方案：区块链是一种创建分布式数字分类账的技术，允许多方在没有中介和物理接触的情况下相互进行安全、可信的交易。区块链支持许多重要类型的服务，如加密货币、智能合同和分散市场。通过投资区块链试点项目，政府机构可以加快这项技术的部署，从而为经济中的自动化和数字化创造更多的机会。

（六）面部识别和其他非接触式生物识别技术

国会应该要求所有政府机构在可行的情况下使用非接触式生物识别技术，如面部识别。

问题：政府机构已经开始使用生物识别技术来更安全地认证个人身份。然而，其中许多应用，如指纹扫描，使用的技术需要许多人重复触摸同一表面，从而为传播疾病创造了潜在的途径。

解决方案：国会应该要求所有政府机构在可行的情况下实施非接触式生物识别技术以减少传染病在疫情期间的潜在传播，至少应该包括机场、边境口岸和联邦政府大楼。此外，国会应该指示国家标准和技术研究所（NIST）开始测试和报告热成像摄像机的准确性。该摄像机可以远程监控人们的体温，降低现场测试的风险，并增加从旅行地返回的旅行者的便利性。

三、数字部门转型

有必要对美国经济的许多部门进行数字化改造，以确保它们更具适应性，能够以更自动化的方式运行，以减少感染传染性病毒的风险，同时允许个人在需要保持物理距离的时候能够远程获得更多的商品和服务。

（一）K-12 教育：计算设备的通用访问

政府应该确保必要工具支持孩子们在保持物理距离期间居家做作业。

问题：随着全国各地的学校关闭，广泛需要的物理距离凸显了一个关键挑战：许多学生家里缺乏宽带和设备接入。

解决方案：大多数有学龄儿童的家庭都有宽带可用，但有些家庭缺乏订购或购买电脑的资源。国会应该通过普通基金支持一项计划，以支持学校为所有有资格享受免费或低价午餐计划的学生购买计算设备（根据孩子的年龄，可以是笔记本电脑或平板电脑）。这些设备可以在学年期间借给学生，使他们能够做作业，并在学校因冠状病毒等国家紧急情况而关闭时进行家庭教育。与此同时，联邦通信委员会 E-Rate 计划中的工具可以扩展到为学校报销 Wi-Fi 热点或有线宽带安装包，以便为学生在家提供连接。

（二）学院和大学

国会应该建立一套流程来认证提供证书的组织，鼓励联邦机构接受替代认证来代替学位要求，并允许学生使用联邦援助进行替代学习选择，如大规模开放在线课程。

问题：虽然大多数大学争相转向在线课程，但这一过程并非没有困难。“正常”时期接受在线学习滞后的一个关键原因是，高校拥有特权：它们负责教育学生并授予他们学位。因此，

学校缺乏帮助学生在课堂外学习的动力（包括在线方式），即使这样做会成本更低或更有效。

解决方案：在线学习的兴起，尤其是大规模开放在线课程（Massive Open Online Courses, MOOCs）的出现允许学生远程学习，通常比传统的课堂学习成本低很多。但是，尽管早期学校对 MOOCs 感到兴奋，但它们并没有大力发展。核心原因是高校没有动机让学生“购买”竞争对手的产品（如 MOOCs），他们利用学位授予权，只允许自己大学的课程计入文凭。打破这一僵局需要联邦政府推广传统大学文凭的替代品，让个人更有效地向未来的雇主展示教育水平。这将给予学生追求自己最佳学习选择的自由，包括 MOOCs。国会采取的措施之一是指示美国人事管理局在招聘联邦雇员时不得要求大学学位，同时允许更多的在线学习满足获取联邦援助的条件。

（三）远程工作

地方、州和联邦各级政府都应该制定和实施政策，以实现远程办公的普及。

问题：很少有政府和政府机构完全准备好让他们的大部分员工远程办公。有些缺少笔记本电脑，有些无法迁移到云，因此文件访问成为一个问题。有些企业缺乏企业级的、稳定的和安全的数字系统，另一些则有限制性政策。值得注意的是，今年 1 月 20 日，特朗普政府撤回了远程工作政策，使联邦工作人员更难远程办公。

解决方案：在一定程度上，员工可以在强制保持物理距离期间在家工作，这对于减少流行病的经济影响至关重要。虽然私营部门向这一方向发展似乎没有什么障碍，但没有足够多的政府接受这一技术。为了实现广泛的远程工作，政府要确保技

术系统和规范化流程准备就位。

（四）智能工厂

美国联邦政府应启动 5 亿美元的美国制造业数字化投资基金，以大幅加快美国制造业基地向智能工厂转型。

问题：智能、数字化的工厂可以以更大的自主权运行，这有助于减少制造业对人工干预的需求，同时有可能将美国整体制造业生产率提高 25%。然而，许多制造商，特别是中小型制造商无法获得用于投资这些有潜力提高生产率和安全性的技术所需的前期资本。

解决方案：新的数字技术有望提高制造业的生产率。西门子在德国安伯格（Amberg）建立的一个模型制造工厂，该工厂利用 1000 多个网络制造单元自动相互协调，在没有人工监督的情况下检索和制造组件。该工厂可以达到 75% 的自主运行度，允许其员工专注于操作计算机系统和监控工厂车间。在疫情期间，这种智能工厂只需少量人工干预就可以保持高水平的关键产品产量。

然而，研究发现，要真正实现数字制造的潜力美国约 40% 至 50% 的制造业设施需要升级。这一挑战对中小型制造商来说尤其严峻，估计其中 25% 的制造商难以支付其基本运营资金成本，更不用说升级到智能工厂技术了。

为了应对这些挑战，国会应在小企业管理局内设立一个制造数字化投资基金，向美国中小型制造商提供低息贷款，为数字制造技术和解决方案的前期投资提供资金。国会应该将美国国家标准与技术研究院（NIST）的制造业伙伴关系扩展资金增加一倍，使他们能够与专注与数字制造组织（Manufacturing x Digital, MxD）合作，为更多的小制造商提供数字解决方案。

国会应该为最初的智能工厂投资提供激励，从现在到 2021 年底，为制造商的所有机械和软件资本支出提供税收抵免。

（五）自动驾驶汽车

美国联邦政府应与各州合作，协调和简化自动驾驶汽车测试和部署的监管方法，加快反病毒软件的更广泛采用，并取缔各州对自动驾驶汽车的禁令。

问题：拼车已经成为美国人流动性的一个重要组成部分，在过去的一年里，估计进行过 7 亿次拼车。但在疫情时，拼车会使司机和乘车人都处于危险之中，而自动驾驶汽车系统可以实现物理距离，同时提供更安全、更便宜的移动选择。

解决方案：自动驾驶汽车可以消除人为错误（约占 93% 的交通事故）来提高美国人的安全性。此外，在拼车服务中使用自动驾驶技术将消除疾病在疫情期间从司机传播到乘客的风险，从而提供更安全的出行选择。然而，一些人出于安全考虑或为了避免失业而呼吁禁止自动驾驶汽车。例如，2018 年，明尼苏达州的四名立法者提出一项法案，将禁止自动驾驶汽车直到该技术被证明是安全的。2017 年，代表出租车行业的北部运输协会敦促纽约州禁止自动驾驶汽车 50 年，理由是担心在拼车服务中使用自动驾驶技术将导致大量失业。该协会的主席甚至认为“无人驾驶汽车对当地经济没有任何帮助”。同样，芝加哥立法者在 2016 年引入了一项法令，禁止在芝加哥街道上使用自动驾驶汽车，认为它们是“职业杀手”。联邦决策者应该利用冠状病毒危机带来的机遇，扫除监管障碍，建立一个国家框架，加快自动驾驶汽车的测试、认证和部署。

（六）自主和半自主货运列车

联邦铁路管理局（FRA）应该继续允许货运铁路公司改用单

人机组列车，预先阻止各州强制性要求双人机组列车（7 个州已经这样做了），并在保证安全的前提下最终允许完全自主运行的货运列车。

问题：货运铁路是一项必不可少的国家服务，然而，大多数货运列车仍然有两个工作人员——一名工程师和一名售票员，通常在非常近的地方工作。单人机组列车或自动列车将降低疾病在列车乘务员中传播的风险，并使系统在流行病时期更具适应性。

解决方案：无论是在美国还是在欧洲，尤其是在穿过农村地区的路线上，以及在配备了最新安全功能的轨道上，许多列车已经只用一名乘务员就能安全运行了。此外，自动列车已经在商业上可行，并在欧洲各地的城市地铁系统中使用。这一趋势的一个关键原因是，该行业一直在积极开发列车控制等安全系统新技术，该技术监控速度限制、通信和轨道信号以防止碰撞。机组人员规模最好留给联邦铁路局指定。鉴于铁路行业的国家范围，以及不同州的授权带来的低效率，联邦铁路局的行动应该优先于州的授权。联邦铁路局明确表示，将挑战通过列车员授权的州，这一立场可能得到法院支持。此外，为实现列车全自动化和高安全性而开发的技术可以降低货运成本，同时提高运输适应性。因此，一旦证明安全，联邦监管机构应允许货运铁路公司实施该技术。

（七）人行道送货机器人

各国政府应促进自动输送装置的使用。

问题：许多司法管辖区已经限制了人行道送货机器人的使用，这种机器人可以在减少新冠肺炎等病毒暴露方面发挥关键作用，既可以让人们更容易呆在家里，又可以限制送货司机的暴露。

解决方案: 随着物理距离的增加,送货上门变得越来越重要。实现这一点的一项技术是人行道送货机器人:可以向人们的住宅运送物品的自主设备。然而一些城市已经严格限制了它们的使用。例如,旧金山在 2017 年暂时禁止送货机器人出现在大多数城市人行道上。该市提出了一项全面的禁令,称“美国的人行道应该优先考虑人类”。虽然旧金山最终通过了立法,建立了一个允许此类机器人在人行道上行走的许可程序,但每个机器人的申请和许可延期费用超过 1400 美元。此外,许可证的有效期只有 180 天,而且只能再延长 180 天。2019 年末,受冠状病毒严重影响的纽约市发布命令,要求联邦快递停止送货机器人试点项目,威斯康星州麦迪逊市也在考虑禁令。这些监管方法与其他几个允许使用送货机器人的州形成鲜明对比(如弗吉尼亚州、爱达荷州和俄亥俄州)——送货机器人可以通过更多的当天送货、更灵活的送货时间和更低的送货成本来改善消费者体验。

(八) 无障碍投票

国会应该要求各州提供普遍的无过失缺席投票。

问题: 只有 28 个州加上哥伦比亚特区提供无借口缺席投票,但是在疫情期间亲自投票是不可行的。

解决方案: 国会应该为各州拨款至少 10 亿美元,用于改进选举技术。这些资金应该作为拨款提供给同意采用普遍无借口缺席投票的所有州。其中投票者可以选择远程投票,而不需要提供理由。允许通过邮件投票或其他形式的远程投票将有助于在流行病或其他紧急情况下参与选举。只要提供普遍的无借口缺席投票,各州应该可以自由使用这些资金来更新他们的选举技术,包括提高安全性。

（九）电子政务

为联邦、州和地方政府建立远程工作和远程服务交付授权，并提供足够的资金来实现这一转变。

问题：联邦、州和地方各级政府机构都在使用陈旧、服务体验差、维护成本高的系统——这使从事远程工作或无缝在线提供服务变得更加困难。例如，尽管使呼叫中心工作人员能够在家工作的技术很容易获得，许多社会保障管理局的呼叫中心仍然由于冠状病毒而关闭。然而许多类似的私营公司，如银行和保险公司，正在与他们的在家工作人员无缝地操作。同样地，各州的失业保险网站本应该在设计时就应该考虑到在访问量激增时仍然顺利运作的情况，然而许多州的这类网站仍然在危机期间发生系统崩溃。

解决方案：政府机构通常不会像许多企业那样升级信息技术系统，这使得他们更难提供在线服务或让员工在家工作，相反，他们花费大量预算来修补和维护早就过时的系统。在冠状病毒疫情期间，许多政府机构被迫关闭，但却没有可行的替代方案来提供在线服务。有些人试图在网上提供服务，但未能充分做到，因为他们的网站因流量激增而崩溃。为了解决这个问题，政府机构应该更新他们的信息技术系统，包括但不限于投资基于云的信息技术系统，为政府客户提供可移动的在线服务，以及为员工和承包商提供远程工作能力。国会应该为联邦、州和地方机构建立一个一次性的电子政务现代化基金，以将其信息技术升级到现代标准。

（十）卫生保健

国会应该为远程医疗建立一个所有州都必须接受的国家许可证，并要求保险公司承保远程医疗。

问题：患者的远程医疗选择有限，因为州许可限制阻止医疗保健提供商提供州外服务，而保险报销政策通常不涵盖远程医疗服务。

解决方案：监管障碍限制了医疗机构部署和采用远程医疗功能。远程医疗服务允许患者从他们的家中或其他远程位置看到医疗保健提供者，为患者创造了更大的便利，降低了医疗保健成本，并更好地平衡了全国医疗保健服务的供求关系。此外，远程保健服务允许患有慢性健康状况（包括精神健康）的患者在疫情期间继续就诊于医疗机构来减少接触。虽然一些州，如缅因州，在冠状病毒危机期间放松了远程医疗限制，但这只是暂时且有限的。

（十一）无人机

美国联邦航空管理局（FAA）应加快审查商用无人机投递服务的申请，并与私营部门合作，到 2021 年实现住宅投递。

问题：各种各样的企业都想提供民用无人机投递服务，但必须首先获得美国联邦航空局（FAA）的批准才能运营。

解决方案：无人机投递是提供非接触式投递的一种重要方法。美国联邦航空局 2018 年的重新授权法案要求美国联邦航空局为无人机的投递制定规则。美国联邦航空局要求大多数无人机操作员在夜间飞行时，当无人机位于操作员或助手肉眼看不到的范围内，或参与包裹递送，必须获得特别豁免（即不使用双筒望远镜或内置摄像机）。美国联邦航空局（FAA）于 2019 年 10 月批准美国联合包裹运送服务公司（UPS）开始使用无人机向医院进行商业投递，这是美国首次批准商业无人机投递，但仍对人口稠密地区和住宅的无人机投递施加限制。USP 根据《联邦航空规则》第 135 部分的规定获得无人机投递服务许可。为

了扩大提供商业投递的无人机运营商的范围，美国联邦航空局应改变管理条例第 107 部分的规定，使其更适合大多数无人机运营商，以允许商业投递和视线以外的操作。

（十二）实现电子商务

地方、州和联邦决策者应该抵制特殊利益集团游说政府限制自助零售选择的企图。

问题：一些政府限制甚至禁止自助零售，即使这样的交易能够抑制病毒传播。

解决方案：自助服务功能限制了可能导致冠状病毒等传染病传播的人类接触。能够购买汽油、检查食品杂货、订购汉堡包、购买邮票、支付通行费、佩戴隐形眼镜前的验光，以及通过自助应用程序获取现金，所有这些都可以保持物理距离。而且自助服务功能往往更方便，导致价格更低。但一些司法管辖区限制自助服务，有时是在公司和工会的压力下。例如，新泽西州禁止了自助加油站，而俄勒冈州则限制了自助加油站的使用。与此同时，许多州彻底禁止了自助加油站，而其他司法辖区则试图限制杂货店的自助结账服务。工会和其他人努力限制无人收银的亚马逊超市。验光师努力限制隐形眼镜佩戴者使用信息亭来识别所需镜片的尺寸或在线购买。

各级政府的民选官员需要抵制对自助技术和应用的限制。此外，联邦贸易委员会消费者保护局应在各州和地方政府考虑应对此类反消费者行为的时候施加更多影响。最后，各州和联邦政府应该提高最低工资，因为有强有力的证据表明这将促进自助技术的应用。

（十三）无现金商店

州政府和地方政府应该推翻所有对无现金商店的禁令。

问题：一些州，如新泽西州和密歇根州，以及费城等城市，已经通过法律要求零售商、餐馆和其他面向消费者的商户不得拒绝接受现金。

解决方案：无现金商店为企业提供了许多好处，包括更快的处理和减少盗窃。纸币也可能是被污染的，为了在新冠疫情期间促进良好的卫生习惯，疾病预防控制中心建议个人减少使用现金。此外，尽管大多数消费者更喜欢信用卡等现金替代品，但美国在采用非现金支付方面落后于其他国家。

四、结论

约翰·肯尼迪曾经说过，“当用中文书写时，‘危机’一词由两个字组成。一个代表危险，一个代表机会。”事实上，往往需要一场危机来激励政策制定者采取行动。20世纪50年代，人造卫星刺激了美国对技术创新的大量投资。“9·11”敲响了警钟，要求保护美国边境和运输系统，提高美国的情报能力。毫无疑问，对于需要加强的美国公共卫生保健系统来说，新冠肺炎也将成为一次警钟。但这也应该是一个警示，该警示要求美国加强使用更多技术以及更好地应用技术以提高美国管理体系和社会部门的适应能力，从而实现物理隔绝条件下的更高生产力，以及提高运输业、制造业等关键生产部门的生产力和灵活性。显然，需要对公共卫生系统和药物开发提供额外支持。但对数字转型的支持也是如此。

有些人会说美国不需要做这些事情，或者美国负担不起。鉴于国会刚刚拨款超过2.2万亿美元用于救灾工作，这里提出的倡议总额要少得多。更重要的是，这些投资还有一个额外的好处，即通过更好、更高效的教育、医疗保健、制造业、交通运输等来促进美国国内生产总值的增长，同时在美国面临另一

场类似危机时，使经济和社会更具适应性。从这个意义上说，这些投资提供了一个难得的双赢机会。

最后，其他人会认为，在数千万美国人失业的时候，美国无法通过提出扶持性的政策来提高生产率。这是完全错误的。现在，美国比以往任何时候都需要更高的生产率来弥补数万亿美元的产出损失。此外，正如信息技术和信息基金会（ITIF）长期以来所表明的那样，经济研究清楚地表明，生产率增长与失业率或就业增长之间没有负面关系。提高生产率会增加工资或降低价格，从而刺激更多的支出，进而创造更多的就业机会。

总之，现在美国国会和政府应大力推动提高数字适应性，以便更好地为未来可能的流行病做准备。

（编译：江晓波 罗彧，责任编辑：王楠）

文章来源

<https://itif.org/publications/2020/04/06/digital-policy-physical-distancing-28-stimulus-proposals-will-pay-long-term>



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 3 期（总第 431 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 1 月 10 日

气候科学的 10 个新见解

〔编者按〕未来地球组织（Future Earth）和地球联盟组织（The Earth League）于 2019 年年底联合发布《2019 年气候科学的 10 个新见解报告》（10 New Insights in Climate Science 2019），该报告总结了与气候科学相关的地球系统科学、政策、公共卫生和经济方面的最新研究进展，揭示了气候引发的社会运动在频率和规模上不断增长的现象。本文对其主要内容进行摘编。

在过去几年中，越来越多与气候相关的倡议正在跨越各个经济部门，在不同的时间尺度和区域范围内执行。随着这些倡议的不断扩散和反复提出，社会体系可能会越过临界点，或者说“社会拐点”，然后社会变化会加速发展。有丰富的证据表明，有着明确目标的社会运动为整个历史带来了变革，公平与公正是制定成功的气候政策的关键。

一、世界偏离巴黎协定目标

1. 温室气体排放趋势与既定目标之间的差距扩大

石油和天然气的使用正在迅速增加（每年 1.4% 和 2%）。近年来，化石燃料燃烧和土地利用变化造成的全球二氧化碳排放总量每年增加约 1%。联合国《2018 年环境排放差距报告》发现，各国无条件的国家自主贡献（nationally determined contributions, NDCs）与 2030 年目标的差距逐渐扩大，对比将全球变暖幅度控制在 2°C 以内的目标，差距扩大到了每年 150 亿吨的二氧化碳排放，对比将全球变暖幅度控制在 1.5°C 以内的目标，差距扩大到了每年 320 亿吨的二氧化碳排放。相比之下，目前人为二氧化碳排放总量为每年 410 亿吨。

2. 能源基础设施不断产生碳排放

现有能源基础设施的全使用周期将释放 6600 亿吨（2300—15000 亿吨范围）的二氧化碳，而待建的发电厂将再增加 1900 亿吨（400—4300 亿吨范围）二氧化碳排放。现有和待建的能源基础设施的总排放量为 8500 亿吨二氧化碳，大约是 1.5° C 目标（2018 年 1 月起为 4200—5800 亿吨）碳预算的两倍。

要避免未来的高排放，就需要降低利用率，提前退役或对发电厂和工业进行改造。目前，可再生能源占全球发电总量的 26%，随着可再生能源的持续快速发展，化石能源生产将会被逐步替代。

3. 化石燃料行业整体规模继续扩大

在许多国家，煤炭的消耗已经放缓并正在下降，但石油和天然气的使用仍在增长，化石燃料行业的整体规模继续扩大。自《巴黎协定》（2016—2018 年）通过以来，已有 33 家全球银行向化石燃料公司投资 1.9 万亿美元。在化石燃料的五大投

资者中，有四家以美国为基地，而煤电的前五大投资者中有四家是中资银行。

4. 碳中和措施势在必行

在缺乏强有力的减排措施的情况下，为了避免全球变暖超过 1.5°C，从大气中去除二氧化碳并将其安全封存已成为一项必要条件。根据联合国政府间气候变化专门委员会关于气候变化和土地的报告，最可行的碳中和（Carbon Dioxide Removal）方法包括自然生态法（植树造林、退耕还林、农田和草场土壤的碳固化）和生物能源法（碳捕获和碳储存）。然而，这些解决方案需要大量投资，占用大量土地，并可能对生物多样性以及淡水可用性产生负面影响。基于模型的脱碳途径表明，到 2100 年，全球需要将多达 700 万平方公里转化为森林面积才能将温度升高限制在 1.5°C 或 2°C 以内。

二、气候变化的速度和强度超出预期

1. 观测结果显示持续变暖迹象

对主要气候变量的观测显示全球平均地表温度（Global Mean Surface Temperature, GMST）持续变暖并有加速变化的迹象。世界气象组织（World Meteorological Organization, WMO）对 GMST 进行的分析显示，过去五年是有记录以来最热的五年，其中 2015 年、2016 年、2017 年和 2018 年是四个最热的年份。未来的变暖速度可能会更快。

2. 海平面上升加速

海洋吸收了气候系统中大约 90% 的额外热量，海水受热膨胀，导致海平面上升、上层水体升温、分层、环流减弱、氧含量变化等现象。海洋热浪也变得持续时间更长、强度更大、范围更广。

科学上逐渐形成共识，认为人为因素导致的气候变化是 1970 年以来海平面上升的主要原因。海平面上升的后果是 1985—2018 年卫星观测到的巨型海浪和极端海况频率增加。

3. 格陵兰岛冰川和南极冰原加速退化

目前海平面上升的主要原因与冰川和冰原融化造成的热膨胀和质量流失有关。海平面上升速度的增加是由于内陆冰，即格陵兰岛和南极西部冰原的融化速度加快造成的。根据最近的卫星数据，在过去 25 年里南极洲的物质流失正在加速。

4. 气候变化对冰原和海平面上升的深度影响可能被低估

关于南极冰川的不稳定过程是否会在不久的将来发生的假设仍在争论中。这一过程可能导致冰盖边缘的冰急剧减少，从而严重加速海平面上升。

三、气候变化影响每一处山巅

1. 山区冰川的厚度正在减少

山脉是气候变化最先影响的区域。冰冻圈（冰川、永久冻土层、雪和冰）发生的剧变对山区集水区和低地水的可用性都有连锁效应。从 2006 年到 2015 年，全球范围内（除南极和北极外）山区冰川的质量每年减少 123 ± 240 亿吨，相当于每平方米冰川减少约 500 公斤，或者相当于每年从冰川上削去 0.5 米。位于高山地区，覆盖面积 360—520 万平方公里（相当于一个欧洲）的永冻土层正在受到欧洲阿尔卑斯山脉、斯堪的纳维亚半岛、加拿大和亚洲地区气温上升的影响。几乎所有地区的积雪天数都在减少，尤其低海拔地区。预计大规模冰川消退将在高碳排放和中碳排放情况下进一步发展。

2. 冰川、积雪的变化可能影响人类生活

冰川、积雪和永久冻土层的减少将继续影响包括山体滑

坡和岩崩在内的大多数相关自然灾害的发生频率、强度和地点，使灾害风险增加。同时，涉及冰川和积雪的气候变化对于水体径流总量及季节性流量的影响已经在以积雪为主和冰川补给的河流盆地中得到了体现，将影响大约 14 亿依靠山区径流的人口。

3. 气候变化影响山地生态系统及其生物多样性

气候变化也在加速影响山地生态系统及其生物多样性。长期生态监测和大规模评估的结果一致表明，气候变化导致栖息地和物种沿海拔梯度发生了前所未有的重新分布或消失，以及增加了山地生态系统对外来压力（如入侵物种）的脆弱性。

4. 高碳排放条件下适应气候变化的有效性将被严重限制

与渐进或突发的社会治理和社会经济活动一样，气候变化也是推动山地社会生态系统变化的关键因素。气候变化深刻地影响依山而生的人类群体，其中对于人们生存方式选择以及支撑产业（如农业、畜牧、旅游和能源等）将产生负面作用。减少这些影响以及促进生物多样性的一个关键机会是，在全球气候变化的情况下，鼓励山区人类群体选择多样化的生存方式，并且能认知到人们对于山区本地的了解在区域保护和管理方面将会发挥关键作用。

四、森林正受到威胁，并造成全球性后果

1. 森林是主要的二氧化碳池

森林是陆地生态系统、人类生计和文化的基本支柱。森林约占陆地生物量的 80%，是主要的二氧化碳储存地，每年吸收 11.6 亿吨二氧化碳，相当于全球化石燃料二氧化碳排放量的 30%。在热带地区，50% 的森林消失将导致当地平均气温升高 1℃ 左右。

2. 由人类土地使用改变引起的森林火灾已经损害了二氧化碳池

森林砍伐和其他人为的土地使用变更占全球人为的二氧化碳排放的 13%，是气候变化的主要原因之一。在 2005 年至 2013 年期间，62% 的森林消失是由于商用农田、牧场和林地面积的扩大。2010 年至 2014 年与森林砍伐相关的碳排放，有很大一部分（29%—39%）是由国际贸易推动的。

3. 全球气候变化加剧了森林火灾

近年来，由于长期干旱，例如美国西部和阿拉斯加地区、加拿大、俄罗斯、澳大利亚等多地的区域性森林野火显著增加。亚马逊地区由于自然和人为引起的火灾加上北方森林的野火，意味着人类可能正在失去一个主要的碳储存库。在自然循环中，火灾的数量、规模和持续时间都有明显增长。例如，厄尔尼诺现象周期性地改变南半球大气循环，加大了自然和人为引起的火灾。

4. 气候变化和二氧化碳浓度升高影响森林的固碳能力

当树木被高浓度的二氧化碳“施肥”时，它们生长得更快，从而增加了光系统和大气对二氧化碳的吸收。然而，树木的寿命可能会缩短，这意味着长期的隔离效应也会受到影响。更高的茎秆生产力、更快的树木周转率和更短的碳停留时间之间的相互依赖也限制了碳储存。二氧化碳“施肥”还有另一个限制：尽管大气中有更多的二氧化碳，但自然生态系统中磷的缺乏会抑制树木的生长。气候变化还会减少光合作用，加剧蒸发，大范围的干旱又会导致树木死亡率的上升。

5. 恢复和保护自然森林是应对气候变化的重要举措

在目前二氧化碳大气浓度水平下，施肥效应仍能产生正的

碳吸收，因此，刺激森林生长可以被视为一种缓解气候变化的措施。重新造林、制止森林砍伐、可持续森林管理以及其他自然生态方案是可以弥补 2030 年《巴黎协定》所要求的减排缺口的可行、高效选择。

五、极端天气——2019 年的“新常态”

1. 极端天气成为“新常态”

2019 年，破纪录的极端天气和气候事件持续占据新闻头条，引起公众对人为气候变化所起作用的关注。在公众强烈抗议的同时，科学家将事件频率和强度的增加归因于气候变化。气候变化正迫使人类重新考虑极端事件的概念。曾经被认为不太可能或罕见的（无论是强度还是频率）事件正在成为“新常态”的一部分。气候系统的这一根本变化已经达到了现在全球都能感受到的程度。无论是最热的夏天，最长的干旱，还是有记录以来最大的野火，不断被打破的记录并成为气候变化的一个流行话题。

2. 极端事件的数量增加并造成区域性影响

从全球来看，大多数陆地区域正在遭受更多的、可持续几天的极端降雨。然而，每一个区域情况各有不同。例如，过去曾观察到厄尔尼诺现象对阿塔卡马沙漠南部边缘的暴雨产生了强烈影响，模型模拟显示 21 世纪那里的年总降雨量可能下降 15%—30%，而暴雨强度加大。在地球的另一端，蒙古的极端天气也受到太平洋厄尔尼诺—南方涛动的影响，极端降水在 1960–2017 年间略有减少，而极端温暖显著增加。然而，任何地区的典型特征并非一成不变。例如，近年来中国的“南涝北旱”模式发生变化，带来严重的经济损失。

3. 欧洲极端高温天气明显增加

尽管 2019 年欧洲创纪录的热浪仍在等待全面的科学分析，

但其对人类健康明显产生了有害影响。一个世纪以前，类似频率的热浪可能会比现在低 4 摄氏度左右。欧洲出现了极端高温天气的大幅增加，其程度超出了气候模型的预测。

4. 极端天气事件的持续时间增加

多模型分析表明，在一个 2 摄氏度的世界里，极端天气的持续时间将大幅增加。例如，北美洲东部的干热气候持续时间可能会增加 20%。在遥远的北方，极端天气可能造成永久冻土层加速融化和野火频发，导致温室气体进一步释放，从而对全球变暖循环体系产生正反馈。

5. 极端事件具有复合性、频繁性和联动性

复合事件（来自不同气候驱动因素和危害的组合）可以显著放大气候风险。在美国加州，极端高温和极端干旱的结合放大了野火风险，从而影响空气污染和食品生产。气候变化使一个地区出现干热年份的可能性增加了一倍（相对于 1961—1990 年的基线）。同时，极端事件频繁发生导致人类社会没有时间在下次极端事件发生之前完全恢复。此外，越来越多的科学证据表明，已知厄尔尼诺—南方涛动这样大规模的极端气候事件可以跨洲际联动。基于网络分析的新方法和先进的统计方法可能有助于在未来预测这些事件。

六、生物多样性——受到威胁的地球恢复守护者

1. 气温上升将导致本地物种消失

陆地生物多样性对气候变化的反应将在很大程度上取决于人类能多快制止全球变暖。即使在全球变暖仅升高 1—2° C 的情况下，陆地生态系统也会平均失去 14% 的现有本地物种以及 35% 的适宜栖息地。当温度升高超过 3°C 时，整个分类学物种群体将无法做出反应和适应。按照目前的情况，人类将面临一个

气温上升至至少 4°C 的世界，这将导致三分之一的本地物种消失以及适宜栖息地减半。

2. 海洋升温将导致珊瑚礁死亡

珊瑚礁特别容易受到海洋变暖和酸化的影响。即使全球变暖限制在 1.5° C 以内，预计 70%—90% 的珊瑚礁生态系统消亡；升温 2° C，珊瑚礁将几乎完全消失，缩小到原来的 1% 左右。如果海洋热浪的累积暴露量超过了不同物种的临界阈值，就会引发珊瑚礁大规模的白化和死亡。海洋酸化是导致珊瑚死亡的另一个主要因素。珊瑚礁的退化威胁着维系 5 亿多人生存的生态系统。

3. 夏季的极端气温将导致淡水鱼类死亡数量增加

气温升高还使淡水生态系统更脆弱而容易受到灾难性生态事件的影响。北半球温带湖泊在夏季极端高温下的鱼类死亡数量到 2050 年可能翻一番，而到世纪末则将增加四倍以上，这种影响在低纬度地区尤为明显。

4. 自然气候方案是缓解气候变化的重要力量

一段时间以来，以森林、湿地和草地碳储存为基础的自然气候解决方案在气候缓解的辩论中一直很重要。虽然对其潜力的量化仍然存在争议，但人们普遍认为，它们是全面缓解措施组合的重要组成部分，突显了生态圈在地球系统中的中心作用。然而，即使按最大程度估计生态系统作为碳储存库的能力，经济脱碳仍然是必须采取的重要举措。

七、气候变化威胁着粮食安全和数亿人的健康

1. 气候变化导致农作物减产

气候变化已经通过作物减产的形式影响到了粮食生产，尤其在热带地区，造成超过 8.2 亿人缺粮。粮食供应不足会影响

人类健康，导致发育不良，这个问题在主要依靠雨水灌溉农业的中低收入国家尤为严重。

2. 气候变化导致粮食营养质量降低

二氧化碳浓度的增加将使大多数谷类作物的营养质量降低，从而导致未来粮食危机愈发严重。研究表明，营养不良将是二氧化碳浓度增加和气候变化带来的最大健康风险。微量营养素缺乏已经在全球造成了巨大的疾病负担，有 15 亿人缺乏铁、锌和其他微量营养素；五岁以下儿童死亡率的 45% 可归因于营养不良。

由于升高的二氧化碳浓度对植物的直接作用，预计未来十年全球蛋白质供应将下降 4.1%，铁供应下降 2.8%，锌供应下降 2.5%；预计到 2050 年，全球蛋白质供应将下降 19.5%，铁供应下降 14.4%，锌供应下降 14.6%。在高浓度二氧化碳情况下，多种水稻品种除维生素 E6 外的大多数 B 族维生素含量预计都将下降。由于大米是世界上低收入国家中最贫困人口的主食，这可能会影响 6 亿人的营养状况。

3. 气候变化将导致全球鱼类资源进一步减少

气候变化对已经在减少的鱼类和贝类资源造成了额外的压力，而鱼类和贝类是人类饮食蛋白质和营养的重要来源。一项结合了气候和生态系统模型的综合评估发现，在商业异常碳排放的情况下，包括鱼类、无脊椎动物和海洋哺乳动物在内的海洋动物的总重量到本世纪末可能下降 17%。

八、受气候变化影响最严重的弱势群体和贫困人口

1. 低收入国家和贫困人口难以应对气候变化

气候变化对贫困和边缘化的人群冲击最大。和富裕人口相比，贫困人口更容易受到干旱、洪水、高温等自然灾害的影响，

适应和恢复能力更低，损失的储蓄或资源比例更大，灾后获取的外部支持较少，也没有社会和金融安全保障。

在国家层面，低收入或中低收入人群适应气候变化风险的能力较弱，高收入、中高收入国家的情况正好相反。全球面临的多部门风险（包括干旱、水胁迫、高温事件、作物欠收等）在全球平均气温上升 1.5°C 至 2°C 之间大约增加一倍，在上升 3°C 时又增加一倍。据估计，贫穷人口比那些经历可持续发展的人更容易受到这些危险的影响 8—32 倍。预计受影响最严重的地区是亚洲和非洲。

2. 气候变化使贫困人口难以脱贫

随着自然和气候灾害的频率增加，即使可持续发展目标取得进展，摆脱贫困也将特别困难。这突出了在稳定气候和减少贫困方面采取综合行动的紧迫性。如果没有对气候变化的适应和管理，到 2030 年估计有 1 亿人可能被推到贫困线以下。到 2050 年，缺乏适当的适应措施将使农业产量下降 30%，缺水人口增加 14 亿，并迫使沿海城市的数亿人背井离乡。所有这些影响都可能导致全球既定的脱贫目标遭受严重挫折。

3. 气候变化导致移民浪潮

一项以撒哈拉以南非洲、南亚和拉丁美洲为重点的模型估计，到 2050 年，气候变化将导致约 3100 万至 1.43 亿人背井离乡（约占人口的 2.8%）。

九、公平和公正是成功减缓和适应气候变化的关键

1. 气候政策的成败凸显了解决社会问题的重要性

要实现巴黎会议提出的将全球变暖幅度控制在 2°C 以内的目标，需要采取一系列积极和多样化的政策。在这些措施中，重要的措施是财政改革，比如取消化石燃料补贴，同时对碳排

放定价。据估计，化石燃料补贴的数额是实现基本社会保障、全民健康和教育等可持续发展目标所需资金的 3.5 倍。

气候政策的成功取决于社会的接受程度。越来越多的研究表明，社会对公平的感知、对政府的信任、政策的有效性以及如何使用收入是新政策被接受的关键因素。

2. 社会公正是社会应对气候变化的重要因素，是区域和全球合作的基础

历史表明，社会的不公平在资源枯竭时被认为是导致文明崩溃的重要因素。同时，社会不公也给当前人类文明顺利度过气候变化以及其它环境变迁带来严重威胁。气候变化会导致社会不公程度增加，而从社会公平的角度出发，适应气候变化将会降低社会不公程度，然而跨国界的国际公共支持以应对气候变化并非易事。

十、气候行动的社会临界点可能已经到来

1. 世界各国人民开始重点关注气候变化问题

即使在气候意识出现几十年后的今天，减少碳排放的驱动因素，如可再生能源的增长、公众舆论的改变、政策体制和消费者习惯等仍然难以抵消增加碳排放的驱动因素。然而，目前观察到与气候相关的大规模民间抗议活动可能会使世界更接近预期的临界点，即全球社会经济体系朝着脱碳状态“倾斜”。

2. 人类需要改变行为模式

历史经验表明，在社会、经济和技术领域，小部分的人口就可以改变主流的行为或规范模式。研究表明，通过采用非主流行为模式来改变主流行为模式需要的人口比例约为 21%-25%。

3. 实现《巴黎协定》和可持续发展目标需要推动深层次长

期变革

《巴黎协定》和联合国可持续发展目标都需要政府、企业、社会和自然科学，以及公民社会进行深入和长期的改革，采取相辅相成的行动。转型是历史上做出选择的时刻，是行动者参与设计新制度体系的集体过程的时刻。

4. 社会经济制度“拐点”临近

类似“拐点”的现象指的是运动达到一个点后，变化速度以非线性和指数级的速度加速。这种现象在自然和社会经济系统中都可以观察到。在一些关键的社会经济子系统中，关键的干预措施有可能导致全球社会经济系统跨越一个临界点，其后全球社会经济系统将以一种非线性的方式脱碳。这些干预措施包括揭示化石燃料的道德含义、剥离化石燃料资产、资助可再生能源发电、加强气候教育，以及披露有关温室气体排放的信息。

（编译：江晓波 巩玥 罗彧，责任编辑：王楠）

文章来源

<https://futureearth.org/publications/science-insights/10-new-insights-in-climate-science-2019/>



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第4期（总第432期）

中国科协创新战略研究院

2021年1月10日

机器人技术与生产和工作的未来

〔编者按〕随着人工智能的一体化和机器人技术的改进，机器人技术有望在未来十年内显著提高其性能。作为一种潜在有前景的通用技术，其存在的核心问题是机器人技术是否会影响生产过程，以及如何影响生产过程，尤其是在制造业等全球贸易领域。美国信息技术和创新基金会（IFIT）发布《机器人技术与生产和工作的未来》（Robotics and the Future of Production and work）报告。该报告阐述了机器人技术和相关生产技术的性质和前景，回顾了有关机器人采用的最新数据，推测了机器人的未来趋势和制造业的地域分布。

一、下一波生产系统对发达经济体和发展中经济体的比较

“自动化”一词最早是在1945年提出的，当时福特汽车公司的工程部门用它来描述其新型转移机器的操作，这些转移机器从车身压力机上机械卸载冲压件并将其放置在机床的前面。

如今，它指的是由机器控制的任何生产过程，几乎不需要或几乎没有操作员的输入就可以以高度自动化的方式进行生产。有许多技术可以使生产过程实现自动化，而机器人技术正变得越来越重要。虽然没有“机器人”的确切定义，但该术语通常是指可以编程以执行各种不同任务并与环境进行某种程度的交互作用的物理机器。

机器人是提高生产力的关键工具。迄今为止，大多数机器人的采用都发生在制造业中，机器人比人类更有效，更一致地执行各种手动任务。但是随着不断创新，机器人的使用正扩展到其他领域，从农业到物流再到酒店业。机器人变得更便宜、更灵活、更自治，部分原因是通过整合人工智能，一些机器人代替了人工。其他机器人(与工作人员一起工作的“协作机器人”)对此起到了补充作用。随着这一趋势的继续，机器人的采用将可能成为生产率增长的关键决定因素，并有可能重塑全球供应链。

二、下一波生产系统对于生产率的需求

机器人的采用可能会成为生产力增长的关键决定因素，并有可能重塑全球供应链。从1993年到2016年，机器人投资占经济合作与发展组织(OECD)国家人均GDP增长的10%。Graetz和Michaels发现，在2002年至2007年期间，机器人致密化技术在17个国家(地区)中使GDP和劳动生产率的年增长率分别提高了约0.37%和0.36%，占GDP总增长的10%，而预计的总贡献为0.35%。他们随后的一项研究发现，从1993年到2016年，经合组织国家对机器人的投资对人均GDP增长的贡献率为10%。同一项研究发现，机器人密度每增加一个单位(研究定义为每百万小时工作的机器人数量)，劳动生产率就

会提高 0.04%。就业研究所的一项研究发现，从 2004 年到 2014 年的 10 年中，机器人的采用使德国的人均 GDP 增长了 0.5%。Koch, Manuylov 和 Smolka 发现，西班牙制造公司引入工业机器人可以在四年内将产量提高 20%-25%，并将劳动力成本降低 6%。

三、下一波生产系统的生产力潜力

随着机器人的功能不断提高，成本不断下降，它们对生产率的潜在影响将更加显著。至少有六种技术似乎构成了下一波创新浪潮的引领：物联网、先进的机器人技术、区块链、新材料、自主设备和人工智能。人工智能和机器人技术也许是最重要的。人工智能具有许多功能，包括但不限于学习、理解、推理和互动。易于编程、灵巧且价格相对合理的机器人可以实现农业、制造业和服务业中一系列功能的自动化。

尽管这些技术已经投放市场，但它们通常都过于昂贵且效率低下，无法被广泛采用以推动整个经济范围内生产率的提高。例如，为什么我们感觉“工业 4.0”技术有潜力，但它们似乎并未被大规模采用。部分原因是发达国家的大多数制造商似乎正处于采用的早期阶段。同样，为什么机器学习软件系统尽管一些有希望的早期应用程序令人感觉很有前景，但它们当前的功能仍然相对有限。到 2030 年甚至 2040 年之前，完美的机械手不太可能出现在市场中。正如麻省理工学院机器人学家 Rodney Brooks 写道：拥有想法很容易，将它们变成现实很难，将它们变成大规模部署更加困难。如果这些技术真的“准备就绪”，人们将有望看到更高的生产增长率。但是，用 Robert Solow 的话来说，除了生产率统计数据之外，下一个生产系统随处可见。

四、下一波生产系统采用机器人的模式

即使面临这些挑战，下一代生产系统技术仍在开发中，并且在越来越多的情况下进入使用中，其中之一是机器人技术。因此，一个关键问题是各国在采用机器人方面如何进行比较，最常用的指标是工业机器人在制造工人中所占的比例。根据国际机器人联合会（IFR）的数据，全球每 10000 名制造业工人的工业机器人平均值从 2015 年的 66 个增长到 2017 年的 85 个，韩国是世界上最先进的采用国，每 10000 名工人拥有 710 个机器人，随后是新加坡、德国、日本和瑞典，美国以每 10000 名工人 200 个工业机器人排名第七，俄罗斯和印度排名最后，每 10000 名工人分别只有 4 个和 3 个机器人（见图 1）。

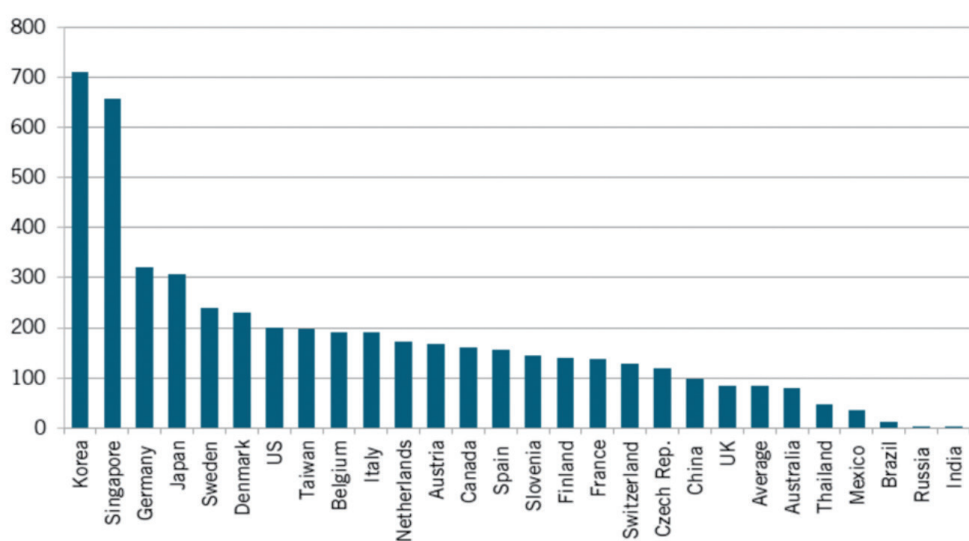


图 1：2017 年每 10000 名制造业工人中的机器人数量

较高工资的国家比较低工资的国家在采用机器人方面更具经济优势，因为对机器人的投资通常可以通过节省劳动力成本来规划和计算，这就是波士顿咨询公司（BCG）估计发展中国家使用机器人技术节省的劳动力成本要低得多的原因。因此，更贴切的问题是：考虑到工资水平，各国在采用机器人方面的立

场如何，要对此进行评估，必须计算安装机器人的估计投资回收期（以月为单位）。

在给定补偿水平与实际工资差异的情况下，比较预期机器人采用率的排名，出现了几种模式。首先，东亚国家处于领先地位，在排名前7位中占据了6位：韩国的机器人采用率比预期高2.4倍，而新加坡、中国、泰国和台湾紧随其后，日本排名第七。相比之下，英联邦国家则明显落后，加拿大排名第14位（比预期采用率低44%），英国排名第23位（比预期采用率低73%），澳大利亚排名第24位（比预期采用率低80%）（参见图2）。

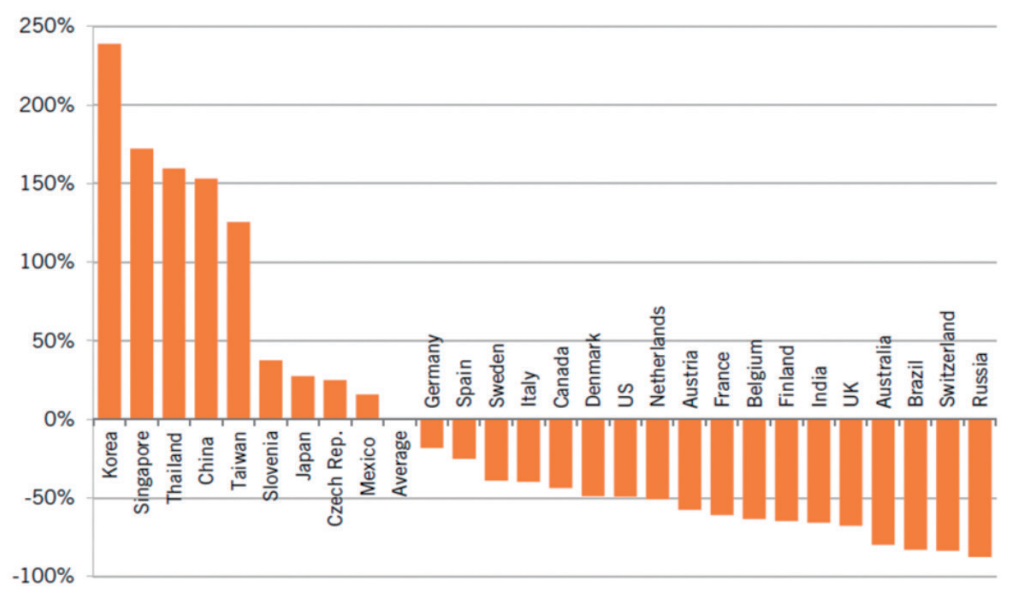


图2：实际机器人采用率与预期机器人采用率的比例

总体而言，欧洲在这方面是落后的，鉴于其工资水平，只有两个东欧国家的采用率高于预期：斯洛文尼亚（比预期的采用率高37%）和捷克共和国（比预期的采用率高25%）。其他所有欧盟国家的采用率均低于预期。

在发展中国家中，泰国以159%的采用率领跑，而中国的调

整后采用率为 153%，高于 2016 年的 104%，墨西哥的表现也很好，采用率比预期高 16%。但是，巴西、印度和俄罗斯的采用率仍然落后。印度的采用率比预期的低 66%，巴西的采用率低 83%，俄罗斯低 88%，美国明显落后，排名第 16 位，采用率比预期低 49%。

五、部分国家在采用机器人方面处于领先地位的原因

有些国家在采用机器人方面处于领先地位而另一些国家处于落后地位的原因尚不清楚，工资水平并不是唯一的因素。机器人的采用因行业而异，其中汽车行业需求最大。根据国家和地区的不同，该行业占机器人总数的 30% 至 60%。然而，许多这方面落后的国家（包括巴西、加拿大、法国、德国、意大利、俄罗斯、西班牙、瑞典和美国）相对于其制造业经济规模而言，拥有强大的汽车产业。尽管与其他国家 / 地区相比，中国的汽车行业相对较小（按人均 GDP 计算），但它在机器人总体采用率方面的得分很高。

Acemoglu 和 Restrepo 发现机器人采用率与较高的中年工人比例之间存在适度的正相关关系，其逻辑是机器人采用率降低反映了中年工人的相对稀缺——中年工人的工资往往较高，通常可以被替代机器人。但是，即使包括分析中的工资因素，相关性也不足以解释较大的差异。

文化传统可能起着一定作用。Lee 和 Sabanovic 发现，文化传统在机器人采用率中起着重要作用，韩国人在经济中对机器人的看法比美国人更受青睐，一些国家似乎欢迎机器人——日本甚至还获得了年度“机器人奖”。在各国工资调整后的工业机器人采用率与各国居民认为未来应该更多地重视该技术的程度之间，存在适度的正相关，为 0.20。

劳资关系也可能发挥作用。例如，有些人认为，韩国之所

以遥遥领先，其原因之一是它的工业工会相对强势，他们定期进行罢工和其他停工，特别是在汽车工业中。作为回应，许多“财阀”（大型的，通常是家族所有的企业集团）已经转向机器人技术，以确保更高的生产稳定性。

政府政策似乎也起着关键作用。一些领先国家已经制定了支持机器人技术创新和采用的国家战略。2014 年，日本确立了实现“机器人驱动的新工业革命”的目标，而韩国则颁布了《智能机器人发展与促进法》。日本还建立了公私合营的机器人研究与开发（R & D）合作伙伴关系，一项研究发现该合作伙伴关系在促进机器人开发方面非常有效。相反，美国缺乏国家机器人技术战略。

韩国、台湾和日本也制定了强有力的公共计划，以帮助制造商（尤其是中小型企业）采用先进技术，一些国家制定了积极的税收政策以鼓励采用先进技术，包括机器人技术。例如，韩国为新设备提供投资税收抵免，相反，某些国家，例如美国 and 英国，对资本支出的税收待遇较宽松，而制造商的资本支出水平较低。

六、下一波生产系统的全球供应链

过去的重大技术创新浪潮对空间产生了不同的影响，对某些国家的青睐更多。下一个生产系统可能没有什么不同，它将在两个领域发挥作用：生产力和国际竞争力。

在过去的 40 年中，全球运输和信息技术的发展已使低工资国家的供应链大量转移。尽管在许多行业和职能领域，低薪国家的工人生产率低于高薪国家，但低工资足以抵消生产率下降和运输成本增加所带来的不利影响。这个现象与低技术、低附加值、劳动密集型制造业的外包有关，例如纺织品、服装和箱

包从 1970 年代中期开始向东亚和拉丁美洲国家转移，趋势还在持续。例如，木制家具的进口在美国市场从 2000 年的 38% 增长到 2008 年的 68%。如今，美国生产商仅占美国行李箱市场的 1%，占外套服装市场的 1.7%。

随着包括机器人技术在内的自动化技术在世界上任何地方都可以使用，这种情况可能会发生变化，从而改善了先进国家的工作并使之自动化。那么，为什么低薪国家不会以与高薪国家相同的价格安装它？答案是，由于缺乏政府补贴，因此在这些地区安装机器人的经济意义不大。例如，假设在美国有 25 万美元的初始投资用于替代两名工人（每个班次一名），而制造业工人的年度平均总薪酬为 72000 美元，则投资回收期不到一年。但是在墨西哥，平均薪酬为 14000 美元，投资回收期长达 8 年 4 个月，在菲律宾，平均薪酬仅为 4200 美元，投资回收期超过 30 年。鉴于大多数公司要求不到四到五年的投资回收期，这表明低工资发展中国家的机器人普及率非常低。这就是为什么波士顿咨询公司估计，对于发展中国家来说，机器人技术节省的劳动力成本要低得多。

波士顿咨询公司预测，在未来十年中，机器人技术的价格每年将降低 1%，性能提高 5%。如果机器人创新迅速发展，到机器人成本降至 50000 美元左右，新兴市场的投资回报将更具经济意义。在墨西哥，这一期限为 1 年零 9 个月。但是在菲律宾，回报期仍然很长，需要 8 年 4 个月，而且，可能无法实现这种改进。这表明低薪国家在利用这些技术方面的能力将落后，这种趋势可能会扩大与发达国家的生产率和收入差异。

麦肯锡全球研究所在对从现在到 2030 年之间由自动化导致的劳动力转移影响的估计中发现，收入较高的国家将有更高的

劳动力转移率，因为更高的工资使人们更倾向投资能替代劳动的技术。虽然在低收入国家安装这些技术将较为便宜，但与劳动力成本相比，该技术的相对价格仍将高于高薪国家。因此，在低工资国家，以节省劳动力的方式进行投资的投资回收期将大大延长。

七、下一波生产系统的经济意义

这可能意味着长期存在的“离心力”——其中商品化的生产已经从富裕国家流向了低成本国家——可能会减缓甚至逆转，从而产生“向心力”。在制造业中，智能制造系统将使生产更灵活，生产周期更短。信息和通信技术在制造业各个方面的应用正在重塑现代制造业。智能制造受到许多技术的驱动，包括计算机辅助设计软件、云计算、物联网、传感器技术、3D 打印、数据分析、机器学习和无线连接。这种数字化正在改变产品的设计、制造、操作和服务方式。

数字技术和制造业的融合日益导致一种新的生产模式：一种高产量、高混合性的方法，使小型工厂的成本效益更高，从而更均匀地分布在全球各地，以服务当地市场。的确，这些新兴技术将使制造系统更加分散化。在对 238 个花旗集团客户的调查中，有 70% 的人认为自动化将鼓励公司合并生产并将制造移至离家更近的地方。经合组织的一份报告发现，迄今为止，机器人技术使离岸外包放慢了速度，在某些情况下甚至停止了，因此这是帮助保持发达经济体制造业的关键。

八、结论

对于全球经济而言，目前投资和生产率增长滞后，下一个生产系统的发展将很有前景。下一波技术浪潮有可能导致投资增加、生产率增长加快和支出增加的良性循环。发达国家从更

高的投资和生产率增长速度、更有利于本地化生产的生产体系中受益。此外，尽管有研究表明，下一个生产系统将导致更高的结构性失业和劳动收入的减少，但证据和逻辑表明，结构性失业不会因自动化而恶化，相反劳动将获得较大收益。

（编译：冯震宇，责任编辑：苗晶良）

文章来源：

<https://itif.org/publications/2019/10/15/robotics-and-future-production-and-work>



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

世界科技经济新动态（第17辑）

第5期（总第433期）

中国科协创新战略研究院

2021年1月11日

欧盟加速提升卫生领导力 中欧新冠医疗外交需整体谋划

〔编者按〕2020年以来，全球遭遇新冠疫情的严重影响，中美欧俄等国际关系也因之产生重大变动，紧密跟踪欧洲关于疫情治理、疫苗采购和公共卫生政策等的变化，对中国的欧洲经济科技合作以及改进中国的全球公共卫生政策具有重要的战略参考价值。本期聚焦欧洲新冠防疫政策和疫苗生产采购问题，选取欧盟建立欧洲卫生联盟、欧美疫苗采购调查、欧盟全球卫生战略、新冠疫情对欧洲公众对华态度影响等为依据进行研判，为相关决策提供参考。

〔本期聚焦〕

英国智库认为疫苗具有地缘政治意义

2020年11月12日，英国托尼·布莱尔研究所发布《新冠

危机的现实主义》调查报告，认为新冠疫情在富裕国家和低收入国家持续蔓延，确保获得严格测试、安全有效的新冠疫苗是当前世界各国政府的优先事项。

报告指出：（1）疫苗研制：截至到9月29日，全球248个疫苗项目中11项达到了第三阶段临床试验，即中国国药（2项）、康希诺、科兴生物，美国强生、辉瑞、摩登纳，英国阿斯利康、葛兰素史克，俄罗斯加马利亚研究所，澳大利亚墨尔本大学各有1项。疫苗上市后长期安全性监测以及消除公众顾虑，特别是针对反疫苗游行的游说，是各国治理新冠疫情的关键步骤（皮尤数据显示，美国成年人愿意接种疫苗的比例已降至51%）。（2）疫苗分配：目前美国已下达8亿剂采购订单（另16亿剂可供选择，相当于美国每人用8剂），日本计划2021年采购5.21亿剂。目前疫苗市场40%流向了摩登纳公司（Moderna）。全球疫苗供应链协调失衡，新冠肺炎疫苗实施计划（COVAX）由世卫组织领导，旨在确保低收入和中等收入国家参与公平分配，但美国拒绝加入该组织，而英国、欧盟和加拿大各自承诺捐款数亿美元。（3）疫苗地缘政治学：中国利用大流行病将自己打造成负责任的全球领导者，为一系列国家提供个人防护装备、呼吸机，向拉美提供10亿美元疫苗贷款，向孟加拉国提供10万剂以上免费疫苗，以及向其他国家做出了一系列优惠承诺，以扭转流行病起源国的国际负面形象。同时，中国承诺参加新冠肺炎疫苗实施计划，极大地改变了全球地缘政治格局，在美国缺席的情况下，中国和俄罗斯的疫苗候选品成了影响国际政治和经济的有力工具。（4）控制流行病：西方政治领导人需要制定科学的战略，以监测候选疫苗研制与生产，如加拿大和欧盟那样。但仅靠疫苗不足以阻止流行病，采取大

规模检测、密接者跟踪、治疗、强有力数据采集和管理、戴口罩与保持社交距离等行政措施是必要的。如果全球没有一个指导低收入国家获得疫苗的政治协议，疫苗民族主义将抬头。西方需要建立协调一致的政治领导，让制药公司拥有更大的透明度、让公众接受科学的防疫教育。（5）疫苗采购统计：在本报告附录的西方国家以及日本、巴西等疫苗采购列表中，未发现中国企业与俄罗斯企业。

<https://institute.global/policy/covid-19-vaccine-realism-good-news-and-bad-news>

[最新动态]

欧盟宣布建立欧洲卫生联盟

2020 年 11 月 11 日，欧盟宣布建立欧洲卫生联盟，旨在通过建立欧盟卫生安全框架，加强欧洲疾病预防控制中心（ECDC）和欧洲药品管理局（EMA）的职能，通过强化协调作用来应对欧洲的第二波新冠危机。欧洲卫生联盟主要突出：（1）加强准备，通过制定卫生危机和大流行病防御计划向各成员国提供全面和透明监测与审计报告；（2）加强监视，利用人工智能等技术强化综合监控；（3）改善数据机制，完善成员国卫生监测数据采集体系；（4）强化欧洲疾病控制和预防中心职能，建立流行病学监测集成系统，改善卫生应急机制和报告与审计机制，提供无约束力的卫生风险管理对策，动员、协调和部署欧盟的卫生队伍，建立卫生实验室网络和器材保障网络；（5）强化欧洲药物管理局职能，监测和预警关键药品与医疗器械的库存，提供疾病预防、诊断和治疗方法，联合监测疫苗的有效性和安全性，协调临床试验；（6）预计于 2021 年底提出建设卫生应急管理

局（HERA）计划。

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_2041

德国智库调查披露，欧盟和美国只采购本土疫苗

2020 年 9 月 11 日，德国经济研究所发布了关于美国和欧盟疫苗采购策略的调研报告，指出美国和欧盟只会分别从设在美国和欧盟本土内的生产商那里采购疫苗。报告认为，获得安全有效的疫苗是解除疫情封锁的核心措施，各国为了加速疫苗生产和采购，正与疫苗公司签订“预先购买协议”（APA），在加快生产的同时降低公司风险，确保政府获得充足疫苗剂量。调研发现，美国和欧盟只从生产设施设在美国和欧盟领土内的开发商那里购买疫苗，美国和欧盟都明确表示，确保本地的疫苗产能是行动关键。美国通过公私合营的疫苗采购加速行动计划（OWS），截止 2020 年 8 月底，确立了 6 种候选疫苗和 8 亿剂采购合同。欧盟的应急基金（ESI）截至 8 月底与 5 家疫苗开发商签订了 1.1 亿剂采购合同。美国和欧盟的联合供应商包括阿斯利康、葛兰素史克、赛诺菲、强生、现代，美国与辉瑞、诺瓦阿克斯单独签订合同，欧盟与德国 CureVac 单独签订合同，所有这些公司总部设在美国（强生、现代、辉瑞、诺瓦瓦克斯）或欧洲（阿斯利康、葛兰素史克、赛诺菲、CureVac），但都没有中国公司参与。

https://www.diw.de/de/diw_01.c.798809.de/publikationen/diw_focus/2020_0006/us_and_eu_secure_vaccine_production_on_home_soil.html

德国智库建议欧盟强化与世界卫生组织的合作

2020 年 10 月，德国国际安全事务研究所发布报告，指出欧盟应致力于提高在世卫组织中的地位，在欧洲对外行动署（EEAS）下设全球卫生部门，改革欧盟与世界卫生组织的关系，并修订全球卫生战略，借助世卫组织的核心功能，让欧盟成为全球卫生领域可信赖和有能力的合作伙伴。

报告指出，欧盟低估了全球卫生政策的重要性，2010 年通过的《全球卫生理事会决议》重点放在了全民医保，未就加强卫生对外行动有战略性支持；新冠疫情期间，全球卫生未纳入欧洲政治议程优先项，欧洲疾病预防控制中心（ECDC）缺乏资源和权威，阻碍了欧洲卫生治理和推行全球卫生政策；欧洲呼吁成立欧洲卫生联盟是更“欧洲化”的公共卫生政策。

报告认为，美国于 2020 年 7 月退出世界卫生组织后，欧盟有望填补财政和领导层缺口，欧盟在世界卫生组织中，只有观察员地位，这妨碍了欧盟参与世界卫生治理的作用，欧盟应制定基于欧洲地缘政治和纳入欧盟价值观的全球卫生战略，并制定成员国卫生体系承诺的具体路线图和监督机制，在欧盟内部建立战略性全球卫生人力与财政的能力配置体系，增强欧盟内部的卫生能力和药品供应自主，建立欧盟与成员国和民间的协调沟通体系，编制一份战略性全球卫生财政预算与合作伙伴计划。

<https://www.swp-berlin.org/en/publication/upholding-the-world-health-organization/>

欧洲智库认为中国在欧洲的新冠医疗外交神话破灭

2020 年 11 月 11 日，欧洲外交关系委员会发布中欧在欧洲

第一波新冠危机期间的行动得失报告。报告指出，今年3月的欧洲公众舆论认为，欧盟未能有效保护民众免受病毒入侵，而中国的慷慨介入填补了领导力空缺，但目前欧洲已建立1200个跨成员国新冠患者治疗合作项目，以及欧盟大力推进经济复苏基金等事项证明，欧洲已为应对第二波疫情做好了准备。报告指出，“战狼式”外交受到欧洲舆论打击后，中国于5月中旬基本停止了人道主义医疗捐赠行动，随后转变成为世界上最大的个人防护用品生产国和商业销售国；5月之后，欧盟基本控制住了局面，通过制定解决方案，使急需设备能够运往意大利等疫情严重地区。报告认为，大流行病让欧洲大陆团结起来的呼声再次高涨，这将促使欧盟制定更具战略性的欧洲卫生政策。
<https://ecfr.eu/article/tracking-european-solidarity-during-covid-19-lessons-from-the-first-wave/>

欧洲民意调查显示，疫情期间欧洲公众对华态度趋向两极分化

2020年11月16日，法国国际关系研究所发布了由捷克帕拉茨基大学牵头、欧洲众多智库联合参与的《疫情期间欧洲对华舆论》调查报告，通过捷、英、法、德、意、西、瑞典、匈、波、俄、塞尔维亚、斯洛伐克13个国家的民意调查，认为受访国家对华总体看法趋向负面，其中10个国家的受访者持负面看法的显著多于正面，西欧与北欧的受调查者持最负面意见，东欧更正面，南欧和中欧持中。

就当前态度而言，瑞典、捷克、德国和法国对华态度最消极，其中瑞典60%为负面，12%为正面。而俄罗斯、塞尔维亚和拉脱维亚对华态度最积极，60%以上为正面，其中拉脱维亚

只有 28% 为负面。而波兰、匈牙利、斯洛伐克和捷克的民意处中间位置。

在对华过去三年的态度中，英国 66% 以上民众对华态度趋于恶化，只有 6% 趋于改善。瑞典、法国和德国的对华态度亦如此。而塞尔维亚超 50% 以上民众对华态度改善，仅 16% 趋于恶化，俄罗斯和拉脱维亚对华态度也总体趋于改善。

在国际影响力方面，多数国家对中国贸易持积极态度，仅法、英、瑞典趋于负面。多数国家对中国投资持消极态度，瑞典、法国、德国最负面，塞尔维亚、俄罗斯、拉脱维亚和波兰最积极。就“一带一路”倡议，塞尔维亚、俄罗斯、拉脱维亚、意大利和波兰持积极态度，其余国家偏消极。就中国对全球环境与民主的影响，均持负面态度，不承认中国是负责任大国，即使中国在特朗普时期展现了负责任形象。

在软实力方面，报告认为中国在欧洲的软实力非常有限。俄罗斯和塞尔维亚认为中国比欧盟、美国值得信赖。其余 11 个国家认为欧盟最受信赖，其次是美国、俄罗斯和中国。对美国信赖度最高的国家有英国、匈牙利、波兰和意大利。

在 5G 网络问题上，多数国家支持企业合作排序为欧盟、日本和美国，希望与韩国企业合作者最少。中国是 5G 网络建设的最不受欢迎伙伴之一。

<https://www.ifri.org/en/publications/publications-ifri/european-public-opinion-china-age-covid-19-differences-and-common>

〔主要研判及建议〕

当前欧洲正迎来新冠疫情的第二波浪潮，欧盟在总结应对

第一波疫情的经验基础上，制定了防疫与经济复苏计划，建立了欧洲卫生联盟，强化了对世界卫生组织的支持力度，加强了本土疫苗研发与生产能力，在外交和舆论上实施了比较激烈的排华活动，逐步稳住了欧盟在欧洲卫生防疫领域的领导力。而中国在经历3月份的短促的欧洲新冠医疗外交活动之后，转向了更为成熟的市场化医疗用品贸易活动和更精准的欧洲医疗援助策略，为进一步稳固中国与中东欧的关系和建设“一带一路”项目发挥了重要作用。

鉴于欧盟强力提升在欧洲的公共卫生领导能力，甚至争取向全球扩散其公共卫生政策，建议中国采取如下措施，以提升中国的医疗卫生外交能力：（1）继续按照国家投资模式强化新冠医疗药品与防疫物资的科技研发力度，降低相关医疗产品的规模化生产成本，确保中国在世界疫苗和医疗设备领域的市场领导地位；（2）设立国家级的医疗产业基金，对全球医疗生产与创新研发产业链进行股权投资和企业并购，扩大中国在全球医疗与卫生用品的生产研发规模和供应链网络，为中国世界工厂在医疗产业领域的发展提供战略性支撑；（3）针对与“一带一路”和“17+1”紧密相关的欧洲国家实施差别化、针对性医疗技术援助方案，向财政困难国家提供全方位的中国医疗治理方案；（4）通过中国的国际合作论坛和世界卫生组织双渠道模式，对非洲、亚洲、拉美及南美等低收入国家实施医疗援助，帮助这些国家尽快恢复对华经济关系，扩大这些国家与中国的经济贸易往来。

本期撰稿组：赵立新、石磊、赵冰峰

世界科技经济新动态专班：阮草、刘萱、张丽琴、武虹、施云燕、
石磊、杨宝龙、赵勛、王寅秋、马健铨、许艳玲、齐海伶、付震宇、
熊嘉慧、宋烁



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 刘薇 王达 苗晶良 王楠 黄诗愉 电话：68788193

创新研究报告

第6期（总第434期）

中国科协创新战略研究院

2021年1月10日

对于提升企业技术创新能力的几点看法

〔按〕2020年11月3日，中国共产党第十九届中央委员会第五次全体会议深入分析国际国内形势，就制定国民经济和社会发展的“十四五”规划和二〇三五年远景目标提出建议，日前，《中共中央关于制定国民经济和社会发展的第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》（以下简称《建议》）全文发布。提升企业技术创新能力的内容备受关注。《建议》提到“强化企业创新主体地位，促进各类创新要素向企业集聚。推进产学研深度融合，支持企业牵头组建创新联合体，承担国家重大科技项目。”这其中非常明确地指出了要进一步巩固和加强企业创新主体地位，快速提升我国自主创新能力以应对国际风险，而且也是第一次对创新联合体这一政策举措进行了最明确的表述，也将作为“十四五”时期及面向2035年的重大创新举措。许多学术界、产业界专家学者和企业家们都对这段表述做出了积极的解读，在深入分析相关内容的基础上，结合国家有关部委的战略规划布局，我们还提出了六方面含义，供相关人员参考。

一是指明了新时代改革开放的主要发展特征。改革开放初期，我国基本都是低成本要素驱动和大规模投资驱动的外向型经济发展方式。2006年在《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020年）》中第一次提出“使企业成为研究开发投入的主体”，之后的15年，我国经济增长的要素动力逐步由资本驱动向创新驱动转变，伴随着需求动力正由投资驱动向消费驱动转变。内外部环境的变化使我们要在改革开放的下一阶段中聚焦技术创新、强化市场拉动、促进相互融通、提供精准服务，以企业特别是大企业为主体推进产学研深度融合是达到上述目的的重要方式，这也必将成为新时代改革开放工作具体实施的主要特征。

二是强调大企业要在融通创新中扮演核心角色。改革开放以来，我国从学习日本企业的下承包制，中小民营企业如雨后春笋般涌现，大量农业人口从农业中游离出来参与工业生产，当生产力进一步提升，技术革新日新月异，劳动力数量不再作为最重要发展因素，产业上的系统性大创新越来越受到市场重视，这些企业从协作、共生、联动应逐步走向协同和融通，需要由行业内大企业带领形成大中小企业融通创新，产学研各类主体有效协同的发展模式，大企业特别是国企的地位决定了其能够更有效地聚集创新资源，协调各有关高校院所等研究机构，因此，要强化大企业在融通创新中的核心地位，推动横向纵向的融合发展。

三是指出要支持创新型中小微企业在创新联合体中发挥重要作用。从发达经济体的发展经验来看，具有颠覆式的重大创新，往往是从创新型中小微企业中出现。在建立了以大企业引领支撑的共性技术平台之上，创新型中小微企业有更大动力和更大

灵活性来进行颠覆式创新，成为创新的重要策源地。以大企业为核心支撑，融合中小企业的创新灵活性，再连通高校、科研院所的基础科研力量，可以形成一个产业链上中下游、大中小企业融通创新的创新发展局面。

四是指明企业创新要瞄准具有前瞻性、战略性的国家重大科技项目这个方向。过去我国企业的发展多处在追赶发达国家的节奏上，持续处于创新的后排位置。新时代的企业创新需要更具前瞻性，这既是国家发展战略的需要，也是现实市场竞争环境的需要。人工智能、量子信息、集成电路、生命健康、脑科学、生物育种、空天科技、深地深海等前沿科技，已成为推动我国经济发展持续向着高质量发展的重要引擎和重要阵地。推进产学研深度融合，支持企业牵头组建创新联合体，目的就是要以企业为主导促进各类创新要素的集聚，从而能够以创新联合体的力量向着一批具有前瞻性、战略性的国家重大科技创新领域进军。因此，提升企业技术创新能力，不只是创新的数量和规模本身，更要注重创新的质量和结构，让产学研资源发挥更大的溢价增值效益。

五是注重培育和尊重企业家精神，发挥企业家在技术创新中的重要作用。企业的灵魂是企业家，企业家的核心特质就在于所拥有的企业家精神，企业家精神的主要内容就是自主自发地持续推动创新。要推进产学研深度融合，支持企业牵头组建创新联合体，实质内容是要抓住企业家这个关键群体，给予一个相对宽松的创新创业生态环境。纵观国际和国内创新发展的历史，由企业家配置资源，来实现从无到有的重大创新，是促进经济创新发展的根本特征。因此在全社会培育和尊重企业家精神，是坚持创新驱动发展的根本内涵。

六是倒逼我国加速推动科技体制改革的进程。企业距离市场需求更近，支持企业牵头组建创新联合体，承担国家重大科技项目，意味着不论基础研究还是应用研究都将更贴近市场需要，贴近国家技术攻关需要，改变并优化以往科技资源要素配置方式和科技创新力量布局，调整重大项目科研组织的体制机制，同时推动人才考核评价与激励方式的革新，使“改革创新为根本动力”能够有效落地，这必将倒逼我国的科技体制改革进程进一步加速。

赵 宇 中国科协创新战略研究院创新评估所副所长、副研究员

高 宇 中国科协创新战略研究院创新评估所研究助理



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

世界科技经济新动态（第18辑）

第7期（总第435期）

中国科协创新战略研究院

2021年1月29日

美欧数据战略与数据治理动态

〔编者按〕数字经济时代，由于数据的巨大财富价值效应，数据成为比资本更重要的生产要素。然而，与其他生产要素不同的是，数据具有产权难确定、分散性、容易被复制、需要特殊的处理技术等特征，使得在利用数据资源时面临很大的风险和挑战。在此背景下，各国为平衡发展与安全的关系，围绕数据资源的整合、挖掘和保护，对数据开发、数据保护、数据跨境流动、隐私保护与数据治理等问题，出台了诸多战略和政策（参见附表）。本期聚焦欧美国家数据战略与数据治理的最新动态，为我国数据治理提供决策参考。

〔最新动态〕

欧洲数据保护监管局（EDPS）发布报告旨在“塑造更安全的数字未来”

2020年6月，EDPS发布《欧洲数据保护监管局战略计划（2020-2024）——塑造更安全的数字未来》报告，重点在于“数字团结”，三个核心支柱包括：愿景、行动和团结，旨在塑造一个更安全、更公平、更可持续的数字欧洲。

EDPS第一个支柱是“愿景”，帮助理解数字技术的设计、演进、风险和部署对隐私和数据保护的基本权利的影响，包括两部分内容：**（1）智能。**利用专业知识和先进技术，保障员工以及利益相关者的权益，并坚持打造一个包容且透明的政策环境，具体的行动计划有：为新员工开展强制性在线培训模块，并为数据保护官（DPO）建立“卫星”数据保护专家网络；与来自欧盟和其他国际组织的公共卫生领域的专家交流，准确衡量针对个人数据保护所开发工具的效率和效果；投资知识管理，提高工作质量，组建一支多元化、跨学科的优秀员工队伍等。

（2）趋势。将技术维度的数据保护整合到业务实践中，仔细研究技术进步带来的风险和机遇，探索新技术的可能，具体的行动计划有：积极关注可能对隐私和数据保护产生影响的数据处理技术的发展；专注于技术驱动政策的潜在影响；要求欧盟机构在打算部署新技术的地方明确说明这些技术的影响及其对个人和团体的风险；通过更新的谅解备忘录，与欧洲委员会和其他欧盟机构以及在相关领域活跃的机构开展密切合作等。

EDPS第二个支柱是“行动”，包括两部分内容：**（1）工具集。**隐私和数据保护是任何基于法治和基本权利民主社会的基石，为此，EDPS将部署12项行动计划，包括：开发强大的技术和工具监督、审计和评估机制；支持欧盟境内的公共场所暂停使用生物识别技术；通过增强数据保护意识以及提供标准合同条款建议来提高数据控制者在欧盟机构数据处理者中核心地位；

审查其在数字产品、软件、服务和技术方面的外部合同，以实现欧盟数据保护法所要求的合规性等。**(2) 连贯性。**为避免欧盟成员国关于数据保护立法的碎片化，EDPB 将部署涵盖 9 项行动计划，包括：继续 EDPB 的能力建设，以确保到 2025 年 GDPR 被公认为全世界所有民主国家的榜样；计划于 2022 年 4 月对(EU) 2018/1725 号法规进行审查，并为解决仍存在的差距和差异提供了有力的依据；呼吁在新的欧盟法规框架下采取协调一致的方法，以使欧盟机构与欧盟成员国遵循相同的规则等。

EDPS 第三个支柱是“团结”，以公正合理的方式对个人产生积极影响，最大程度地提高社会效益，包括两部分内容：**(1) 正义。**提倡团结一致，共同的价值观、利益和目标，在规划民主与人权战略时，欧盟应保障所有人的数字司法和隐私，涵盖 12 项行动计划：强调隐私和数据保护是法治不可分割的一部分，永远不能孤立对待；提倡将数据保护和隐私的基本权利作为欧洲未来会议的核心；鼓励欧洲委员会进一步协调处理业务数据的数据保护规则；积极促进欧盟对数字化和技术共同愿景的发展等。

(2) 可持续。数据处理和数据保护必须走向绿色发展之道，涵盖 4 项行动计划：传达数字化对世界影响的更深刻理解；鼓励对数据保护产生更广泛和更长远的见解；促进远程办公；倡导数字时代基于严格的比例测试和适当保护措施的数据重分配政策（包括匿名化和假名化），以防止数据滥用和非法访问。

EDPS, Shaping a Safer Digital Future: The EDPS Strategy 2020-2024.

https://edps.europa.eu/sites/edp/files/publication/20-06-30_edps_shaping_safer_digital_future_en.pdf)

欧盟委员会发布《通用数据保护条例实施两年》报告

2020年6月24日，欧盟委员会发布《数据保护是增强公民赋权和欧盟实现数字化转型的基础——通用数据保护条例（GDPR）实施两年》报告。报告认为GDPR强化了数据保护制度，通过为所有在欧盟市场运营的企业创造统一公平的竞争环境、加强个人对自身数据的保护权、赋予相关执法机构更强的执法权等一系列举措，成功地在数据保护领域开创了新的治理体系。

报告从GDPR的执法及国际合作情况，GDPR规则下的碎片化和分歧，个体对个人数据控制权的行使，帮助中小企业应对机遇与挑战，数据保护在新技术中的适用性，现代国际数据传输工具箱研发，促进数据保护国际融合和合作等方面对GDPR的实施情况做了具体评估。

第一，GDPR的执法及国际合作情况。欧盟各国数据保护执法机构已展示了在GDPR框架下综合运用各种纠错措施的能力（包括警告、责令整改、罚款以及其它针对性惩罚手段），而且已建立一站式机制和大量互助机制开展跨国合作。但是，真正通用的欧洲数据保护文化仍未完全建立。

第二，GDPR规则下的碎片化和分歧。GDPR为欧盟提供了一致的数据保护规则，但它需要成员国完成具体立法，为成员国提供了进一步阐释GDPR的可能性，但这可能导致一定程度的碎片化，国家立法面临的具体挑战之一是协调保护个人数据的权利与表达自由的权利，欧盟委员会将继续评估成员国的数据保护立法。

第三，个体对个人数据控制权的行使。个体已日益意识到其所拥有的数据权利，包括访问、更正、删除和移植个人数据、拒绝对个人数据的某项使用、提升个人数据使用透明度等，但

有必要进一步为个体行使这些权利提供便利。

第四，帮助中小企业应对机遇与挑战。GDPR 的实施给中小企业带来了挑战。为此，一些数据保护执法机构为降低中小企业 GDPR 合规风险提供了一些实用工具——如合同模板、数据处理记录模板、交流研讨会和咨询热线等。这些举措应该得到强化和推广，最好形成欧盟通用的做法，以免对单一市场造成障碍。

第五，数据保护在新技术中的适用性。GDPR 是以技术中立的方式构思的，因此它对于新技术也是适用的。数据保护和隐私立法框架已在 COVID-19 疫情期间显示了它的重要性和灵活性。未来的挑战在于阐明如何将这些已证明行之有效的原则应用于其它需要持续监控的特定技术——如人工智能、区块链、物联网或面部识别。此外，对大型数字平台和综合性公司开展强力而有效的 GDPR 执法是个体数据保护的根本需要。

第六，现代国际数据传输工具箱研发。GDPR 提供了一个现代化的工具箱，促进个人数据从欧盟向第三方国家或国际组织转移，同时确保数据受到高水平的保护。除此之外，欧盟委员会还致力于标准合同条款的全面现代化，根据 GDPR 的新要求对其进行更新。

第七，促进数据保护国际融合和合作。GDPR 已事实上成为全球许多国家数据保护立法的重要参照。欧盟委员会也在一些双边、多边和区域论坛上加强了对话，树立尊重隐私的全球文化，并推动不同隐私体系之间的融合。为促进数据流动、增进国际贸易，欧盟委员会在促进国际层面数据保护标准融合的同时，反对数字保护主义，并在一些双边协议和多边谈判（如 WTO 电子商务谈判）中系统地列出数据流动和数据保护的具体规定。

此外，报告基于 GDPR 实施两年来的情况评估，列出了进

一步推进 GDPR 需要采取的行动，包括建立和完善法律框架发挥 GDPR 全部潜力、支持利益相关方、鼓励创新、进一步开发数据传输工具箱、促进融合和发展国际合作等。

Data protection as a pillar of citizens' empowerment and the EU's approach to the digital transition - two years of application of the General Data Protection Regulation.

https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/1_en_act_part1_v6_1.pdf

世界经济论坛发布《跨境数据流动路线图》

2020 年 6 月，世界经济论坛就“新数据经济的未来准备与合作”发布了《跨境数据流动路线图》白皮书，认为当前经济社会对数字技术有较大依赖性，不合理的数据本地化要求是制约数据跨境流动的主要因素，应积极破除法律、政策阻碍，建立跨境数据流动信任机制，通过政府的支持措施减少监管，创造良好的国际投资环境。

“跨境数据流动路线图”主要从以下几个方面展开：**①建立数据跨境流动的信任基石**，在默认情况下允许数据有序流动，建立国际共享的数据保护水平，同时优先重视网络安全建设。**②鼓励国家间的合作**，强化国家之间的数据流动问责机制，保障流通环境的良好有序，优先考虑跨境数据的连通性、技术互操作性、数据可移植性和数据来源。**③面向未来的国际数据共享政策**，通过建立类似于联邦学习模式的跨境数据共享协议替代模型，夯实数据信任基础，进而阻止未来政策环境变化对于数据跨境流通的抑制作用。

The World Economic Forum

http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Roadmap_for_Cross_Border_Data_Flows_2020.pdf

英国更新《国家数据战略》

2020年9月，英国数字、文化、媒体和体育部发布了政策文件《国家数据战略（NDS）》，旨在推动英国建设世界领先的数据经济，确保公众对数据使用的信任，并促进达成对数据使用的共识。

NDS着眼于利用英国现有优势，确保以审慎和基于证据的方式权衡数据的优先事项和潜在的风险，促进政府、企业、民间团体和个人负责任和有效地使用和共享数据；为政府层面广泛的以数据为导向的工作提供连贯性和推动力，同时在整个经济体中形成对数据生态系统的信任，达成数据使用的共识；有助于英国找准在国际上的定位，影响全球数据共享和使用方法。

NDS主要包括机遇、支柱和任务三部分内容。首先，识别数据带来的发展机遇，包括促进经济增长、增加就业、提升科研效率、优化公共服务和创造更公平的社会五大方面。其次，阐明数据基础（数据质量和数据治理）、数据技能、数据可用性和负责任的数据四大支柱。再次，给出改善数据使用的五大任务：①释放整个经济体的数据价值；②确保有利于增长和可信的数据体制；③转变政府对数据的使用，提高效率，改善公共服务；④确保数据所依赖的基础设施的安全性和快速恢复能力；⑤支持数据的国际流动。

<https://www.gov.uk/government/publications/uk-national-data-strategy/national-data-strategy>

[专家观点]

一、世界主要国家数据战略与数据治理趋势分析

数据作为数字经济最重要的生产要素之一，扮演着关键性与基础性的角色，是推动数字经济发展的关键。数据正成为数字时代各国经济转型与发展的新牵引力，各国抢占数据发展与治理先机，加大数据治理力度，旨在最大化各国的经济与政治利益。当前全球数据治理关切的主要是数据跨境流动与个人数据隐私保护等。

一是世界各国抢占数据发展与治理先机。世界主要国家和地区都认识到数据对于提升经济社会发展和国家实力的重要性，通过出台国家数据战略、完善国内数据立法、加强国际合作合作等多种方式，促进本国数据资源开放和数据技术开发。美国白宫 2019 年 12 月发布《联邦数据战略与 2020 年行动计划》，“将数据作为战略资源开发”成为美国新数据战略的核心目标，欧盟针对政府数据开放、数据流通、发展数字经济发布了多份报告，并在 2020 年 2 月出台《欧洲数据战略》，提升对非个人数据的分析能力。2020 年 9 月，英国发布《国家数据战略》，提出释放数据的价值是推动数字部门和国家经济增长的关键。

二是针对数据战略与治理各国不同主张。美国对个人数据持积极态度，坚持市场主导、行业自律的原则，数据保护法律规定较为宽松，至今没有联邦层面的全面个人数据隐私保护法；在数据本地化上一如既往地推行双标政策，主张数据存储设备以及数字技术非强制本地化，在数据治理领域树立“长臂管辖”规则，同时针对美国的数据，只有符合特定条件的外国政府经美国同意后才能调取。欧盟在隐私与数据保护方面扮演着越来越重要的角色，被认为是该领域的标准制定者；对跨境

数据自由流动持谨慎态度，更多的强调境内成员国之间的非个人数据跨境流动，对于联盟外国家和地区的数据流动，采取分级管理的策略。日本高度重视个人信息保护，与时俱进不断修订法规促进数字经济发展，较为强调数据本土化。

三是创新发展数据开放共享，通过数据治理为数字经济发展保驾护航。各国认识到数据治理是释放数据价值的有效路径，也是数字经济可持续发展的根本前提，因此不断创新发展数据开放共享的新工具和新技术，以公正合理的方式对个人和社会产生积极的影响。在数据保护和数据保护方面，重点强调责任和可持续的数据处理，建立数据跨境流动的信任基础，鼓励国家间数据合作，面向未来制定国际数据共享政策。

二、我国推进数据治理的政策建议

我国数字经济发展迅速，海量数据涌现，政府层面积极推动实施国家大数据战略，加快完善数字基础设施，推进数据资源整合和开放共享。但是我国的数据治理较为落后，缺乏数据开放、数字治理和隐私保护的顶层框架设计，一方面个人数据保护力度不够，消费者信息被过度交易和开发，另一方面本应开放的政府数据和公共数据开放力度不够。2020年10月21日，全国人大法工委公开就《中华人民共和国个人信息保护法（草案）》（以下简称《个人信息保护法》）征求意见，旨在促进数据要素的配置利用，释放数据要素生产力。通过对国外数据战略与数据治理的跟踪分析，提出构建我国数据治理的启示与建议。

一是加强数据战略和数据治理，积极争取国家利益。全球数字安全治理规则多元化，导致我国参与和引领全球数字经济治理难度增大。2019年以来，各国都已经意识到数据安全治理

的重要性，纷纷加快构建数字经济治理体系，这对我国参与和引领全球数据治理提出了更大的挑战，我国也应设计数据战略和数据治理的顶层规划，全面释放数据资源价值，推进数据的可持续开发和利用。

二是积极推动数据治理的合规性，推动数据治理全球化进展。既要强调安全管理，又要强调合理利用，在合规的基础上充分挖掘数据对经济活动的价值，即在监管数据合规的同时，需要逐步利用技术手段实现数据的安全可信共享，在维护数据隐私和安全的前提下促进数据的共享和流动，打破数据孤岛，让数据产生价值，在推动数据的合规保护时以数据价值的创造和推动科技创新为基础。

三是注重数据安全治理和数字贸易规则的国际协同。加快建立以确保数据安全为核心的数字经济治理体系，建立数据开放、数据资产管理、数据安全保护和数据共享交易安全等治理规则，积极借鉴国际规则和国际经验，力争自身规则与国际规则在理念和做法上接轨；同时，注重通信基础设施、互联网资源、应用基础设施、互联网融合服务和有关数字产品等数字贸易治理规则的国际协同。

四是构建“科学分类、风险分级”数据治理体系。从保护和共享的平衡出发，建立数据分级、分类管理的标准和制度，对不同类型、不同级别的数据构建不同的治理手段和安全责任。涉及国家秘密、国家安全的重点行业数据，交由相关主管部门进行统一监管；其他纳入统一治理体系的数据，可由企业（平台）承担安全主体责任，综合公众权益、个人隐私和企业合法利益等因素，结合数据共享需求，分别制定不同的管理规范 and 流动标准，对未来的全球数字经济治理做到心中有“数”。

附表：世界主要国家数据战略与数据治理相关政策

国家	时间	战略或报告名称	发布机构
日本	2005 年 4 月	《个人信息保护法》	日本政府
	2015 年	《个人信息保护法》大幅修改， 2017 年 5 月 30 日施行	日本政府
美国	2014 年 5 月	《美国开放数据行动计划》	美国白宫
	2014 年 7 月	《数据驱动经济战略》	欧盟委员会
	2015 年	《数字单一市场战略》	欧盟委员会
	2016 年 5 月	《联邦大数据研发战略计划》	美国
	2016 年 5 月	《大数据报告：算法系统、机会与公民权利》	美国白宫
	2017 年 1 月	《算法透明性和可问责性声明》	美国计算机协会
	2018 年 3 月	《澄清数据合法使用法案》	美国
	2018 年 6 月	《数据科学战略计划》	美国国立卫生研究院
	2019 年 4 月	《2019 年算法问责法案》	美国参议院
	2020 年 1 月	《加州消费者隐私保护法案》	美国加州
	2020 年 5 月	《联邦数据战略与 2020 年行动计划》	美国行政管理与预算办公室（OMB）
	2020 年 8 月	《欧盟法院 Schrems II：GDPR 对数据流和国家安全的影响》	美国白宫
	2020 年 10 月	《国防部数据战略》	美国国防部
欧盟	2018 年 5 月	《通用数据保护条例（GDPR）》	欧盟
	2019 年 4 月	《算法责任与透明治理框架》	欧洲议会未来与科学和技术小组 (STOA)
	2019 年 4 月	《2014—2019 年个人数据保护立法进展》	欧洲议会研究服务机构
	2019 年 5 月	《欧盟非个人数据自由流动条例》	欧盟

欧盟	2019 年 5 月	《欧盟非个人数据自由流动条例实施指南》	欧盟
	2020 年 1 月	《数据保护与科学研究的初步意见》	欧盟数据保护主管 (EDPS)
	2020 年 2 月	《欧洲数据战略》	欧盟委员会
	2020 年 2 月	《为公众利益制定欧洲 B2G 数据共享策略》	欧盟委员会
	2020 年 5 月	《欧盟数据保护政策解读》	欧盟议会
	2020 年 5 月	《欧洲数据保护委员会 2019 年度报告》	欧洲数据保护委员会
	2020 年 6 月	《欧盟委员会的数据治理和数据政策》	欧盟委员会
	2020 年 7 月	《欧洲的数字主权》	欧洲议会
新加坡	2020 年 5 月	《个人数据保护法 (修订)》草案	新加坡通信信息部 (MCI)、个人数据保护委员会 (PDPC)
国际组织	2020 年 6 月	《跨境数据流路线图》	世界经济论坛
	2020 年 7 月	《数据业务新范式》	世界经济论坛
	2020 年 8 月	《衡量数据和跨境数据流动的经济价值：商业视角》	OECD

本期撰稿组：赵立新、施云燕、裴瑞敏、王寅秋、隆云滔
世界科技经济新动态专班：任福君、阮草、刘萱、张丽琴、武虹、
施云燕、石磊、杨宝龙、赵勣、王寅秋、马健铨、许艳玲、齐海伶、
付震宇、熊嘉慧、宋烁



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 刘薇 王达 苗晶良 王楠 黄诗愉 电话：68788193

创新研究报告

世界科技经济新动态（第18辑）

第8期（总第436期）

中国科协创新战略研究院

2021年2月20日

欧洲提出捍卫经济主权 欧美加紧恢复跨大西洋关系

〔编者按〕自特朗普上任以来，欧洲/欧盟在经历中美冲突迷茫期之后，逐步确立了战略自主的观念，并在投资、技术、数字、卫生、经济政策、经济恢复甚至安全防务等领域实施了一系列旨在强化欧洲一体化的政策，这将对中国的经济科技外交产生重大影响。本报告以欧洲经济主权为专题，选取欧盟经济战略工具、下一代欧盟计划、欧盟战略自主意识、欧盟统一欧洲经济政策、欧美重建大西洋关系的不同方案等动态及报告为依据进行研判，为相关决策提供参考。

〔本期聚焦〕

欧洲智库提出捍卫欧洲经济主权的11个战略工具

2020年10月20日，欧洲外交关系委员会发表了《捍卫

欧洲经济主权：抵制大国经济胁迫的新方法》一文，该文由德法联合组成的欧洲经济论坛“保护欧洲免受经济胁迫特别工作组”完成。该文认为，中美大国操纵全球化秩序，中国利用战略投资和国家援助（包括新冠医疗）削弱欧盟在第三国的地位和世界话语权，美国将金融与结算、世贸组织和货币组织以及互联网等武器化，从而威胁着欧盟及其成员国的经济主权，欧盟需要设定战略工具以保护欧洲开放经济和基于规则的国际秩序。

报告认为，欧洲面临着 5 大经济胁迫：（1）关税和贸易限制；（2）经济制裁，包括美国切断欧洲与土耳其和伊朗的贸易，威胁德俄北溪 2 号石油项目，迫使欧洲采用美国反华政策；（3）域外出口管制：中国和美国都收紧了对欧洲的出口管制；（4）敏感数据侵害，中美都向欧洲企业提出敏感数据转移要求；（5）俄罗斯经济胁迫。

报告详细研究了 11 个战略工具：（1）设立欧洲出口银行，使欧洲与被大国制裁的第三国保持支付渠道畅通；（2）塑造国际关系，增强欧洲实力，推动中美关系向有利于欧洲的方向发展；（3）调节大国胁迫造成的市场扭曲，维护公平竞争；（4）设立数字欧元，提升经济胁迫抵御能力；（5）制定欧洲集体防卫文书，赋予欧盟根据国际法应对经济胁迫权力；（6）实施第三国个人制裁，如旅行禁令和资产冻结；（7）设立欧盟弹性办公室，与美国财政部海外资产控制办公室、中国商务部等建立对话渠道，并对经济胁迫进行评估，签发项目与投资相关证书；（8）加强欧盟封锁法令，恢复对企业的威慑作用；（9）设立欧盟弹性基金，为欧洲出口企业提供信贷担保，补偿公司遭遇的胁迫损失；（10）扩大欧元贸易范围，增强对美元和人民币的竞争力；

(11) 与美国和中国谈判签署新框架，确立欧盟敏感数据管制机制，避免欧洲公司敏感数据流失或侵害。

https://ecfr.eu/publication/defending_europe_economic_sovereignty_new_ways_to_resist_economic_coercion/

[最新动态]

欧洲议会通过 1.8 万亿欧元下一代欧盟经济恢复计划

2020 年 11 月 10 日，欧洲议会通过欧盟提交的 1.8 万亿欧元下一代欧盟（Next Generation EU）计划，旨在恢复经济，建设绿色、数字化、更具弹性的欧洲。该计划将：（1）50% 以上资金用于研究与创新、绿色与数字转型、经济恢复、新卫生计划等；（2）支持传统政治如欧洲稳定与凝聚力、农业支持政策等；（3）30% 资金用于应对气候变化，保护生物多样性和两性平等；（4）为资金预算建立灵活机制，以解决不可预见需求。该计划将在下一步推动欧洲议会和欧洲理事会设立多边金融基金条例和机构协议，推进部门立法等，与成员国就 2021 年度预算展开谈判。

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_20_2073

[最新动态]

法国智库认为欧洲战略自主意识在不断增强

2020 年 11 月 12 日，法国国际和战略关系研究所发表《欧盟准备好欧洲战略自主了吗？》专家访谈文章，认为欧盟在经历 2014 年俄罗斯吞并克里米亚、2016 年英国脱欧与特朗普新的欧洲政策冲击之后，欧洲统一理念和欧盟战略自主意识在不

断增强，新冠危机则进一步强化了这一变化。报告认为：（1）美国一直是欧洲统一的支持者，而特朗普的新政策让欧洲认识到需要依靠自己的力量确保国家安全、国际利益与欧洲价值观，拜登的当选亦不会改变诸如将美国战略重点转向亚洲的基本外交政策；（2）欧洲在面对英国脱欧谈判、特朗普政府的商业战争中，都保持了团结，特别是面对新冠危机对经济的破坏，欧盟推出了强大的刺激计划；（3）欧盟即将设立的欧洲防务基金（FED）（预计2022年法国担任主席国期间取得成功）为实现欧洲的独立安全与防务迈出历史性一步，扩大的武器采购为欧洲防务政策带来真正变革。（4）美欧关系回到跨大西洋黄金时代的可能性不大，特朗普要求“分担欧洲安全费用”，拜登也将坚持这一政策，或者向欧洲提出一项新交易来重新界定跨大西洋关系。

<https://www.iris-france.org/151659-lunion-europeenne-enfin-prete-pour-une-autonomie-strategique-europeenne/>

德国智库建议欧盟利用经济恢复契机统一欧洲经济政策

2020年10月13日，德国国际与安全事务研究所发表《发展中的欧洲经济政策》报告，认为欧盟在统一货币与市场基础上，可利用欧洲绿色协议和共同应对新冠疫情战略机会，结合欧洲复苏基金和下一代欧盟战略，在新冠疫情经济恢复与向全球化、数字化与绿色化转型的同时，扩大原本由成员国控制的经济政策空间，加速欧洲经济政策的统一管理。

报告指出，尽管欧盟存在成员国经济增长模式与经济政策差异大、现有经济政策建议不具法律约束力、政策程序政治化威胁欧盟稳定、新经济政策必须接受民主控制等问题，但欧盟

可在维护欧洲年度计划（European Semester）和欧洲单一市场（European single market）两大核心政策基础上，借助立法监督国内市场、制定欧洲竞争政策、协调社区目标与政策、实施欧盟财政激励机制四大政策工具，通过修改欧洲条约（目前成员国拒绝向欧盟转移经济、税收、就业、社会政策相关政策权力），扩大财政政策权限，建立价格调节机制，消除经济政策结构性和系统性障碍，在统一货币与汇率政策基础上，进一步统一财政税收就业等其他经济政策，真正实现《马斯特里赫特条约》设定的建立经济一体化宪法目标，使欧盟经济政策成为统一欧洲经济的指导体系。

<https://www.swp-berlin.org/en/publication/a-european-economic-policy-in-the-making/>

欧洲智库提出恢复跨大西洋关系策略

2020年10月20日，欧洲外交关系委员会发表专家集体撰写的文章《欧洲如何恢复跨大西洋伙伴关系》，认为拜登政府可能会更多地关注国内事务，欧洲不能等待拜登政府出牌，而应在欧洲战略自治、经济主权、气候变化等领域主动提出需要美国参与配合的方案，建立更加平衡的跨大西洋关系。

报告提出：（1）在地缘经济方面，欧美应建立尽可能紧密地考虑欧洲利益的跨大西洋关系，推动制定跨大西洋标准等积极贸易议题，采用多边合作方式强化经济主权投资；（2）2021年1月恢复欧美卫生合作议程，共同应对新冠疫情治理，通过G7和G20建立欧美主导的新冠疫情影响治理统一战线，改革全球卫生应急体系；（3）敦促拜登政府重新加入《巴黎气候协定》，通过国会立法确保其任期结束后的约束力，让世界恢复对巴黎

协议的信心；（4）技术领域：欧洲要实现数字自主，保护欧洲企业免受外国（包括美国）收购，建立针对包括美国大型科技公司在内的数据监控与隐私保护标准。针对中国技术，欧美及民主国家应展开芯片制造等出口管制合作，美国应向欧洲分享中国投资筛选最佳实践。美欧在北约军事技术领域应强化互操作性等协调力度。

<https://ecfr.eu/article/second-acts-how-europe-can-renew-the-transatlantic-partnership/>

美国智库提出重建大西洋关系路线图以应对中国挑战

2020年10月20日，美国新国家安全中心发表《制定应对中国的跨大西洋路线》文章，认为中国的崛起诱发了大西洋的分歧，但过去两年的“战狼式”外交、香港国家安全法、对中国贸易投资依赖等，为美欧合作创造了条件。报告以制定紧急行动、保持一致政策、加强竞争力、强化沟通、扩大联盟、与中国开放接触等为指导原则，制定了4项路线图：（1）技术：与日韩等合作、增加情报共享、建设开放集中创新生态、加强产业创新和北约防务创新、保护美欧技术优势、共建民主、建立5G联盟、开发安全5G替代方案、鼓励欧盟采购安全5G技术、加强数据隐私保护、反对中国数字威权、防止中国利用技术侵犯人权；（2）投资：反对“一带一路”、建立美欧盟投资基金、建立美欧及北约投资协调机制、利用《外国投资风险审查现代化法案》加强投资筛选、利用反垄断法处理中国企业依靠政府补贴购买资产而产生的不公平和扭曲问题、加强中欧投资协定谈判情报交流、建立有关中国投资的学术话题、强化美国与欧洲议会的投资对话；（3）贸易：恢复美欧贸易谈判、重振跨大

西洋经济委员会、改革世贸组织、在国际电联和国际标准化组织等任命欧盟会员、对中国提起世贸组织国企补贴诉讼、邀请中国加入经合组织出口信贷安排、打击中国技术侵权确保美欧技术安全、管制半导体技术出口；（4）治理：改革世卫组织、改革联合国人权理事会、将中国影响力塑造成双边对话常设议题、每年报告中国在联合国的策略与活动、分享意识形态和宣传技能、让立法机关参与格局塑造、制造发展中国家的另一个榜样。

<https://www.cnas.org/publications/reports/charting-a-transatlantic-course-to-address-china>

〔主要研判及建议〕

2020年以来，欧洲为应对中美大国冲突的战略自主观念日臻成熟，欧盟在投资贸易、科技教育、数字标准、经济政策、卫生健康、安全防务和经济恢复等领域实施了一系列激励政策与投资项目，极大地促进了欧洲一体化的进程，以德法为核心的欧洲精英阶层甚至已在意识层面建立起了试图与美国平起平坐的战略信心，这为中国积极塑造国际格局提供了宝贵的战略机遇。在中美冲突将长期存在的预期下，积极回应以法德为领导的欧洲走战略自主道路，或能够有效地对冲美国对我战略压力，逐步动摇跨大西洋同盟关系，为削弱美国霸权埋下伏笔。

因此，建议采取以下经济科技措施，以改进中欧关系：（1）设立中国与欧盟政府间经济主权对话机制，在欧洲的智库或学会层面设立科技主权对话机制和数据安全与主权对话机制，丰富双边交往层次；（2）与法国智库或科研机构设立战略自主学术研讨项目，扩大法国学者在防务、科技、数字等领域的世界

影响力；与德国智库或科研机构设立数字保护、欧洲标准等学术研讨项目，扩大德国学者在数据与标准领域的世界影响力；（3）与欧盟（或欧盟下设机构、德国政府等）联合设立数字金融研究与合作机制，交流最佳实践经验，扩大欧元与人民币直接结算范围；（4）与欧盟（或者德国政府、法国政府等）设立应对大国经济制裁的科研项目与交流论坛，交换双方贸易、商品、企业等与制裁相关的经济信息和经验策略，共同探讨应对大国经济制裁的方法。

本期撰稿组：赵立新、石磊、赵冰峰

世界科技经济新动态专班：任福君、阮草、刘萱、张丽琴、武虹、施云燕、石磊、杨宝龙、赵勣、王寅秋、马健铨、许艳玲、齐海伶、付震宇、熊嘉慧、宋烁



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 刘薇 王达 苗晶良 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第9期（总第437期）

中国科协创新战略研究院

2021年2月25日

日本发布《2020 科学技术白皮书》： 预测未来技术发展前景

〔编者按〕2020年6月16日，日本文部科学省发布了《2020 科学技术白皮书》（《令和2年版科学技术白書》，以下简称《白皮书》）。《白皮书》指出，随着新型冠状病毒肺炎的蔓延，全球的日常经济生活、公共服务和各类产业都受到严重影响，未来的社会形态可能发生变革。因此，日本加速实现超智能“社会5.0”（Society 5.0），通过最先进的科技应对未来社会变化，解决当前和未来的社会问题，为可持续发展奠定基础。《白皮书》从实施科技预测举措、预测2040年实现的技术以及推进未来社会的研发项目等方面，阐述了可持续发展目标，描绘了科技发展下未来社会的图景及路径，并推行四大政策措施以加快“社会5.0”进程。本文就其主要内容进行摘编。

一、实施科技预测举措，促进可持续发展

《白皮书》指出，为实现可持续发展目标，应通过“反向铸造”

理念，不局限于当前现状，而基于未来预测进行思考。随着信息和通信技术、生物技术等技术的出现，中美技术霸权之争、英国脱欧等国际形势的波动以及人们价值观和生活观的多样化，社会变革迅速推进，未来可预见性下降。因此，为应对当前及未来变化，日本对科技未来进行预测，利用科技主动创造未来社会景象，扩大未来社会可能性和选择，从而引领变革。

1960年，日本科技未来预测由科学技术厅首先提议，旨在建立“通往21世纪的阶梯”；自1970年开始，经济合作发展组织（OECD）启动了“技术预测”，以预测科技趋势；20世纪90年代末以后，科技未来预测成为了国际社会对科技发展的重要期待，同时也成为对未来社会全方位的预测工具。当前，科技未来预测已得到各国政府和智库机构高度重视。日本科技未来预测从多个视角进行分析预测，以数字化和全球化背景下的理性社会为前提，通过提高医疗和健康技术来延长寿命，通过增强虚拟活动来实现生活的多元化，与数据产业、服务产业等新兴产业的兴起相结合，引领未来社会向可持续发展方向转变。

二、预测2040年技术发展，描绘未来社会愿景

自1971年以来，日本科技政策研究所（NISTEP）每五年开展一次“科技预测调查”，以预测科技与社会未来的关系，从而制定《科学技术基本计划》。至今，日本已经开展了11次科技预测调查。2019年11月，NISTEP发布了《第11次科学技术预测调查报告》。此次调查以2040年为预测目标，绘制了“科技发展下未来社会的图景”，预测了“科技发展的市场前景”，并提出了50个未来社会的构想。这些构想总结为人文、包容、可持续和求知四个关键词。在此基础上，日本将“社会5.0”进一步描绘为从有形到无形、从个人到社会的可视化景象，并

描绘了预计 2040 年实现的 37 项新技术和服务。具体详见表 1。

表 1 预计 2040 年实现的 37 项新技术

序号	预测技术	科技实现日期 (年)	社会实现日期 (年)
1	手掌大小、超轻的传感器，在飞机上等任何地方都可以携带，能够迅速检测、判定是否存在感染病毒	2029	2031
2	记录和分享个人的心理状态、感觉和味觉的体验传达媒介	2030	2033
3	用语言表达自己意愿的便携式会话装置	2031	2034
4	实现痴呆症等远程治疗和护理的超分布式医院系统	2026	2030
5	实时翻译、口译所有语言的系统	2027	2029
6	视觉障碍者和老年人放心、自由行走的导航系统	2025	2028
7	自主城市的能源控制	2029	2033
8	卫星的实时灾害风险评估系统	2028	2030
9	任何人随时随地学习的数字环境	2028	2032
10	捕捉语境的 AI 系统	2026	2029
11	分析人的身心状态并立即给出建议的超小型设备	2029	2032
12	利用物联网普及精密农业	2026	2027
13	基于量子信息通信技术的高安全性自动驾驶系统	2031	2035
14	防止非法侵入计算机系统的技术	2028	2029
15	不受地点限制的自动驾驶系统	2027	2034
16	自由远程操控机器人的身体共享技术	2030	2033
17	增强虚拟现实运动	2028	2030

18	血液分析应用于癌症和老年痴呆的早期诊断	2027	2029
19	通过测量和建模学习工匠的技巧和经验的 AI 系统	2026	2029
20	通过组装，实现桥梁支架等混凝土结构的组装等危险作业的无人化	2026	2027
21	可移植器官的 3D 打印	2031	2034
22	完全融合于活体、可以自主代谢的假体	2029	2036
23	监视药物动态、癌症标记、感染和血液成分的穿戴设备	2028	2031
序号	预测技术	科技实现日期 (年)	社会实现日期 (年)
24	存档工匠技术的农业机器人	2024	2029
25	从事劳动强度大、具有先进的培育和收割技术的农业机器人	2026	2029
26	大量生产同等成本的 3D 打印定制产品	2027	2030
27	无人机自动搬运到收货场所的系统	2026	2029
28	从小型电子设备类、废弃物等中回收、利用稀有金属的技术	2028	2031
29	以人工食材为基础制作的 3D 打印食品	2028	2030
30	能源效率超过 20% 的人工光合作用技术	2036	2039
31	海上漂浮式风力发电技术	2028	2032
32	自动修复结构材料技术	2033	2035
33	大规模稳定使用的长期贮氢技术	2032	2034
34	利用太阳能和风力发电的富裕电力制造氢技术	2027	2031
35	不需要更换的、寿命长且成本低的充电电池	2029	2032
36	在城市地区运送人的无人机	2029	2033

37	预测暴雨、活火山、地震等自然灾害发生时间及损失的技术	2026	2036
----	----------------------------	------	------

来源：根据白皮书整理

三、推进未来研发项目，实现未来社会愿景

随着社会变革的迅速推进和未来不确定性的加剧，日本从中长期角度主动打造未来社会的景象。基于此，日本政府将1995年颁布的《科学技术基本法》修订成《科学技术创新基本法》，提出了“提高科技水平”和“促进创新创造”并驾齐驱的概念，将法学和哲学等多个人文科学列为新的支援对象；另外，根据《科学技术基本法》，日本政府制定了《科学技术基本计划》，从长远角度实施系统的、一致的科技政策。这些措施旨在为未来社会制定计划。为实现未来社会描绘的愿景，推进研发进度，日本开展了一系列研发项目，具体如下：

1. “登月型”研发制度

日本2019年初启动了旨在复兴科技创新立国的新项目——“登月型”研发制度，着眼于实现30年后未来社会的急需技术（如研发与人类具有同等能力的机器人，以及在网络虚拟空间里代替人类工作的虚拟替身等），以引领社会变革。该制度于2018年12月形成基本思路，2019年12月明确研发业务。与2013年设立的“颠覆性技术创新计划”（ImPACT）相比，“登月型”研发制度对“ImPACT”进行了改善与强化，以促进产出更多的突破性创新成果、推动更为大胆的挑战性研发为主。该制度明确了六大目标：一是开发机器人和多人远程操作的虚拟替身技术（用于执行大规模复杂任务），为年轻人和老年人追求多样化的生活方式奠定基础；二是实现疾病的超早期预测和预防；

三是实现人工智能（AI）与机器人的共同进步，具体表现为研制可以自主学习、行动并与人类共同生活的机器人，开发与人类具有相同或更高身体能力且可与人类共同成长的 AI 机器人；四是针对地球环境，实现可持续发展的资源循环利用；五是充分利用有待开发的生物资源，在全球范围开创合理的、无浪费的可持续供应粮食产业；六是实现能带动经济和产业发展的通用量子计算机。这些目标一旦实现，对未来产业和社会将产生巨大影响，并可能改变未来社会体系。这些目标计划于 2050 年前全部达成。

2. 技术创新中心计划

实现经济复苏并在未来的国际竞争中继续生存，必须不断强化科技创新的基础实力。因此，文部科学省（MEXT）于 2013 年启动了技术创新中心（COI）计划。该计划以 10 年后的社会愿景为出发点来设置研究课题。研究课题一般由企业来牵头进行产研合作，构建大型研究开发中心，集中开展研发活动。该计划制定了三个愿景：（1）确保人口少子老龄化与经济社会可持续发展；（2）构建丰富的生活环境，建成繁荣、受尊敬的国家；（3）构筑活力可持续的社会。

3. 科学未来馆

科学未来馆为公众提供一个场所，将非专家来访者和研究者聚集在一起，共同思考和探讨科学技术对人类社会的影响。为建立一个现实空间和虚拟空间高度融合的未来社会，科学未来馆永久展出“计算机与自然”展览。此外，日本科学未来馆开放实验室是研究人员和公民创造尖端科学技术的开放实验场所。

4. 2025 年大阪世界博览会

日本拟于 2025 年 4 月 -10 月举办国际博览会，主题是“构建未来社会，想象明日生活”（Designing Future Society for Our Lives）。目前，针对该世博会，日本经济产业省共进行了 8 次讨论，听取了 131 位专家的意见，以加深对主题和场馆规划等各领域的审议。世博会成为体现为“社会 5.0”超智能场馆，并挑战新技术、服务和系统的展示及社会实施。另外，世博会从企划阶段开始征求民间企业的意见，并积极寻求参与。

5. 打造智能城市

利用物联网、大数据等先进技术来解决城市和区域问题，实现“社会 5.0”目标的重要产物。日本政府相关各府省与地方公共团体、企业、大学等合作，推进了超过 100 个智能城市的项目。此外，松下股份有限公司的 Sastinabu Smilttown、丰田汽车股份有限公司的 Won City 等企业独自提出智能城市构想，并主导建设智能城市。

四、促进科技振兴，打造“社会 5.0”

日本于 1996 年开始制定为期 5 年的科学技术基本计划，《第 1 期科学技术基本计划》明确了日本未来将实施长期、系统、连贯的科技政策，《第 2 期科学技术基本计划》和《第 3 期科学技术基本计划》强调了科技创新重点领域，《第 4 期科学技术基本计划》重点关注科技与其他领域的融合。当前的《第 5 期科学技术基本计划》提出实现“社会 5.0”的必要技术（网络安全、物联网、大数据、人工智能），促进研发核心技术，明确了国家未来的基本目标。其基本目标包括：①实现可持续增长和区域社会自律性发展；②确保国家和人民的安全和生活保障，实现富裕、高品质的生活；③应对全球挑战，为世界发展做出贡献；④持续创造知识资产。为实现这些基本目标，日

本不仅需要重视预见未来的前瞻性和战略性力量，以及准确应对多种变化的多样性和灵活性能力，还需要在国际化的、开放的创新体系中开展竞争与合作。基于此，日本大力推行四大政策措施，具体如下：

1. 以制造业为核心创造新价值和服务

在经济和社会的状态及产业结构急剧变化下，日本以制造业为核心，灵活利用信息通信技术，基于互联网和物联网，打造世界领先的“社会 5.0”，不断创造新价值和新服务。为了尽快实现超智能社会，日本政府将优先推进《科技创新综合战略 2015》中确定的 11 个系统的建设工作，加强政产学研合作，建立共同的超智能社会服务平台，实现各个服务和业务系统之间的互通协作。

2. 积极应对经济和社会发展面临的挑战

为实现《第 5 期科学技术基本计划》中提出的基本目标，日本全面动员进行科技创新，预定了 13 个重点课题。这 13 个课题为：确保能源稳定供应，提高能源利用效率；保障资源稳定供应，并实现资源循环利用；保证食品稳定供应；实现世界最尖端的医疗技术，建成健康长寿社会；建设城市和区域可持续发展的社会基础；研究延长高效高性能基础设施使用寿命的对策；提升制造业的竞争力；应对自然灾害；确保食品安全、生活环境及卫生条件；确保网络安全；解决国家安全保障相关问题；应对全球性气候变化；应对生物多样性挑战。

3. 强化科技创新的基础性力量

为灵活有效地应对今后可能发生的各种变化，在加强人力资源建设方面，日本将采取一系列措施，如明确青年研究人员的职业发展道路，营造充分发挥青年研究人员才能和创意的环

境；在夯实研究基础方面，大力推进学术研究和基础研究，推进相关改革，如实施科研经费改革、强化战略性基础研究、加强跨学科和跨领域研究等；在推进研究资金改革方面，日本政府将同时推进基础性经费和公募型资金的改革，实现最优政策组合。

4. 构建人才、知识和资金良性循环的体系

为构建人才、知识和资金良性循环的体系，日本政府加强产学研合作，调动风险投资企业的积极性，消除人才、知识和资金之间存在的障碍，具体包括：强化开放创新的体制框架，大力发展敢于挑战新事业的中小企业和风险投资企业，灵活运用国际知识产权和标准化战略，重新审视和调整创新创造相关制度，构建有利于“地方创造”的创新体系。

（编译：巩玥，责任编辑：王达）

资料来源

https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa202001/detail/1427221.html



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 10 期（总第 438 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 2 月 25 日

2020 美国国家创新体系解读

〔编者按〕2020 年 11 月，美国信息技术和创新基金会发布了《2020 美国国家创新体系解读》（Understanding the U.S. National Innovation System, 2020）报告。报告指出，美国国家创新体系正面临挑战。本报告介绍了美国国家创新体系的历史，分析了美国国家创新体系的现状与优劣势，提出发展创新需要依赖“创新成功三角”，并对美国创新体系的未来发展和在全球创新竞赛中取胜的要点做了解读与展望。

报告认为，创新不止体现在实验室里，而更应该嵌入国家的创新体系中，一个国家的创新能否成功就取决于该国家的创新体系能否有效、协同地工作，而目前美国的国家创新体系正处于危机之中，亟待复兴。创新体系的成功需依赖“创新成功三角”的协调建构，并简要介绍了美国国家创新体系的历史演变，比较了美国相对于其他国家的创新优势，展望了美国国家创新体系的发展之路。

一、创新成功三角

国家创新体系的关键在于“创新成功三角”，建立“创新成功三角”需要正确构建商业环境，贸易、税收和监管环境，创新政策环境。

商业环境。首先包括商业因素，如高质量的执行管理能力，IT/ICT（信息技术 / 信息与通讯技术）的广泛使用，充满活力的资本市场，平衡的商业投资环境等。此外，构建良好的商业环境还需要考虑相关社会文化因素，包括公众对创新理念的接受和拥护，合作文化，以及对创新可能带来的失败和破坏的容忍。

贸易、税收和监管环境。需要兼顾竞争性与自由性。政府应鼓励市场竞争，并减轻创新型企业与全球贸易企业的税务负担，但自由开放的环境并不意味着监管缺失，政府需在保护本国产业的基础上创造更多条件来刺激创新，提供更灵活高效的监管。

创新政策环境。主要包括对个人、企业机构、政府部门的创新项目、创新产业进行支持，以鼓励相关目标技术或行业领域的创新。

二、美国国家创新体系主要发展阶段

美国国家创新体系分为五个发展阶段：

第一阶段为建国～南北战争时期。该时期正值美国创新体系初创，杰斐逊主义与汉密尔顿主义争议不断。杰斐逊主义者主张联邦政府发挥最小的作用，并将农村和小型手工业者经济进行理想化描述，而汉密尔顿主义者则主张政府在工业化中发挥更大的作用，两者之间存在着长期的政策冲突。紧张局势从未得到解决，但汉密尔顿主义者取得了进展，包括为内部改善（运河和公路）提供资金，并通过关税和政府用于武器开发的支出

支持工业化，例如 1777 年建立了斯普林菲尔德军械库。自共和国成立以来，联邦政府在宪法中加入了专利制度。

第二阶段为南北战争～二战时期。南北战争代表着向第二阶段的国家创新体系的过渡。由于南方农业不再在国会中有代表，这就为重要的立法铺平了道路。在此阶段，美国创新体系主要由私人发明家和企业提供动力，同时，战争激发了政府资助的技术和工业发展。凭借庞大的市场规模、更年轻的经济体系、更少的前工业体系架构阻碍与文化中的商业精神等优势，美国一举超过欧洲国家，迈入全球科技领导者行列。

第三阶段为二战～1970 年代后期。二战爆发后，国家创新体系主要由大公司与联邦政府主导，建立了以科学为基础的创新体系，这种创新体系的萌芽可以追溯到大萧条时期。由于二战及随后的苏联威胁，联邦政府对科技创新产业提供了强有力的扶持，美国科技创新崛起，第二次世界大战在武器和研发方面的巨额支出使美国在包括航空航天、电子、机床等在内的一系列先进工业中处于全球领先地位。对苏联威胁的反应如人造卫星等帮助美国巩固了技术领导地位。到 20 世纪 60 年代初，联邦政府在研发方面的投资超过了所有其他外国政府和企业的总和。但旧有的利益集团逐渐导致工业创新和经济发展陷入困境。

第四阶段为 1970 年代后期～1992 年。在日本和德国等国家的工业竞争力挑战、1974 年的大衰退（大萧条以来最严重的）、美国贸易平衡从顺差转向逆差的大背景下，联邦政府开始推出新政策如实施研发税收抵免，降低了资本收益和公司税率等以支持工业创新，大多数地方政府也开始发展创新驱动型经济。

第五阶段为 1992 年至今。苏联解体，日本、欧洲等老牌劲

敌面临内部问题，IT 经济发展、硅谷崛起等种种机遇帮助美国成为世界领先的技术大国。但 2000 年后，美国的工业创新和竞争力受到了来自国际（尤其是中国）的新挑战，美国失去了超过三分之一的制造业工作岗位，其中大多数由于国际竞争力下降而失去，而不是生产效率提升。美国从 2000 年的高技术产品贸易顺差增加到十年后的 1000 亿美元赤字。虽然美国过去生产大量的电子产品，包括计算机，但其中大部分都流向了美国。为了应对各类型特别是来自中国的挑战，美国政府采取了一系列措施，如奥巴马政府提出了一些倡议，包括建立国家制造业创新网络，特朗普政府采取贸易科技战等。

三、美国国家创新体系各要素分析

以创新成功三角的组成要素为依据，对美国国家创新体系进行分析与优势比较。

（一）商业环境

商业环境主要由三个因素组成：市场与企业的结构与行为、商业融资体系与影响商业运作的相关社会文化因素。

1. 市场与企业的结构与行为

（1）管理型人才：得益于具有竞争性、灵活性强的商业环境以及美国政府对管理学科的重视与发展，美国在管理领域处于世界领先水平。

（2）企业投资年期与风险偏好：尽管许多美国经理人素质很高，但大多受短期业绩压力困扰，或痴迷获取短期业绩以减少浪费与不良投资，这降低了他们长期投资的能力和意愿，而创新投资无疑就属于长期投资的一种。

（3）ICT（信息与通讯技术）的采用：美国企业在 ICT（如硬件和软件）使用方面处于世界领先地位，但近年来这种优势

已经开始缩小。美国企业从 IT 投资中获得的收益似乎比其他国家 / 地区更多，部分得益于美国企业更愿意使用 IT 技术从根本上重建生产流程。

2. 商业融资体系

(1) 风险资本与风险投资：美国是风险投资行业的开创者与领导者。此外，美国还有“天使投资”系统，由高资产净值的私人组成，向高成长值的创业公司投资，一些州政府还制定了计划以帮助投资。

(2) 企业财务（债务与股权）：美国政府能为企业提供的资金非常有限，且并不针对创新型企业或贸易企业。现有企业可通过 IPO（首次公开募股）、股票市场，或发行债券、贷款等方式筹资。

3. 社会文化因素

(1) 客户需求：美国消费者似乎对质量要求更高，且具有“冒险消费”的特性，即渴望成为新产品核心技术的早期试用者，这无疑对美国的创新起了很大的支持作用。

(2) 冒险与创业：美国人民具有浓厚的冒险精神和企业家精神，这种精神与个人主义文化相结合，使人们更愿意质疑既定的做事方式。与大多数国家相比，美国人更愿意承担经济风险，对投资的潜在收益持更为乐观的态度。

(3) 对科技的态度：在美国的大部分历史中，其文化特征普遍相信社会经济进步的必然性，但在今天，美国的反创新力量比美国历史上任何时候都强大。

(4) 合作文化：创新既涉及竞争，也需要合作。除了企业与政府的合作，某些一流大学与行业合作的能力对于推动区域创新中心和集群发展也至关重要。

（5）投资年期与未来投资意愿：在美国的大部分历史中，美国人都愿意支持高水平的私人和公共投资以增加未来收入，但如今大多数人民和整个政治体系的重点已转向针对当下的短期消费形式。

（二）贸易、税收和监管环境

如果说商业环境在创新成功三角中起关键作用，那么政府政策则起着强大的推动（或减损）作用，尤其是在贸易、税收和监管政策领域。

1. 监管环境

（1）产业结构与竞争：近年来，美国政府越来越多地推行反垄断政策，更关注于限制企业规模，无论其行为如何、是否对小企业产生影响。过于严格的限制政策使企业更难以达到全球经济竞争所需的规模，并且减损了整体经济福利。

（2）创业监管体系：研究表明，较低的创业率与企业准入管理造成的延误紧密相关。而 2020 年美国在世界银行开业方便指数排名中由 2004 年的第一名退至第六名，落后于丹麦、韩国、新西兰和新加坡等国。

（3）监管者角色与监管方式：美国的规章制度，其中许多影响创新，从国会通过立法开始，有时要求行政部门机构颁布法规。这些机构要经过一个广泛的公告和评论期，在这段时间里，个人和组织可以提交书面意见，这些机构需要审查。此外，白宫管理和预算办公室内的信息和监管事务厅（OIRA）还对一些拟议条例进行成本效益审查，特别是那些预期成本较高的条例。虽然监管并不总是以绩效为导向，但在过去 20 年中，监管机构意识到，监管机构必须将监管重点更多地放在政府想要实现的目标上，同时将实现目标的手段留给受监管实体。这种形式的

监管比规定手段的监管更有效、更能激发创新。然而，在 2016 年特朗普总统当选之前，美国对创新的监管负担在程度和范围上似乎都有所增加。特朗普把在许多领域减少监管作为重点。然而，在农业生物技术、人工智能、隐私等领域，要求加强监管的压力继续加大。此外，大多数监管机构的预算都被削减或限制，这导致它们更难采用现代化技术和流程，并扩大员工数量来迅速响应公司寻求监管批准的需求。

（4）透明度与法治：只要法规透明并坚持法治，则法规对创新的负面影响就较小。这通常是美国的优势，但特朗普政府有时候会（通常通过总统推特）向公司和行政机构施加压力。

2. 税收、贸易和经济政策

（1）宏观经济环境：宏观经济政策可以为创新提供全面政策支持。美国宏观经济政策基于维护货币稳定，重点是限制通货膨胀。1980 年代以来，美国宏观经济政策主要依靠货币政策调整周期性增长率，但《2008 年美国复苏和再投资法案》和《2020 年新冠肺炎复苏一揽子计划》表明，未来可能会更多地依赖财政政策工具，尤其是如果民主党获得了更多的政治权力。

（2）税收政策：尽管普遍认为税收政策应该对各种经济活动保持中立，但实际上，有时出于政策的原因，有时由于特殊利益集团对税收的压力，税收政策会干预经济活动。美国用于研发的税收优惠政策较少，民主党人也在提高对企业的税收压力。

（3）贸易政策：美国贸易政策基于以下信念：美国具有比较优势，而开放和基于市场的贸易体系有助于国家发挥这些优势，从而使消费者受益。这导致美国用于贸易执法和贸易促进的资金支持相对贫乏。特朗普政府更侧重于双边（而非多边）

贸易协议，并愿意对重商主义国家（尤其是中国）采取更强硬的行动。

（4）知识产权：美国知识产权保护制度源于宪法，根据国会制定的法律运作。尽管美国对知识产权保护存在一些分歧，但总体认识较稳定，这将鼓励创新活动。

（5）商业标准：美国的商业标准体系以自愿、基于共识的全球体系为特征。美国政府并未参与制定特定的行业标准，而是由行业协会与美国国家标准协会（ANSI）合作制定基于共识、自愿遵守的美国国家标准（ANS）。

（三）创新政策环境

创新政策是指专门旨在刺激技术创新的政策，而不是其他塑造创新整体环境的政策。总体而言，与许多其他国家相比，美国的创新政策不够完善。

1. 研究与技术

（1）对大学和研究实验室 / 研究机构的支持：美国对科学研究的支持主要分为对联邦实验室研究的支持与对大学基础研究的支持。总体而言，美国联邦政府对研究开发的支持已经大幅下降。

（2）联邦实验室：美国政府资助了一个由 80—100 个政府研究实验室组成的实验室系统。除此之外，国防高级研究计划局（DARPA）和能源高级研究计划局（ARPA-E）也在尖端技术开发中发挥了重要作用。

（3）大学研究：美国大学研究得到了包括国防部（DOD）、能源部（DOE）、国立卫生研究院（NIH）以及美国国家科学基金会（NSF）等许多机构的资金支持。但由于各级政府的预算削减，美国大学相对于 GDP 的研发经费比例落后于许多国家。2011 年

至 2017 年间，美国政府对大学研究的资助占国内生产总值的比重下降了近四分之一（0.06 个百分点）。

（4）技术转化系统：1980 年以来，美国制定了一系列政策以帮助更好地将研究成果商业化。国会于 1980 年通过了《史蒂文森－怀德勒技术创新法案》，该法案规定“技术和工业创新对美国公民的经济、环境和社会福祉至关重要。”该法案对过往法律进行了一些修改，以便更好地将技术从联邦实验室转移到商业领域使用。同样，《Bayh-Dole 法案》改变了由联邦政府资助的大学研究的知识产权规则，允许大学保留知识产权，使它们更有动力将研究成果商业化。国会还通过了《1986 年联邦技术转让法》《1991 财年国防授权法》《技术转让改进和促进法》《技术转让商业化法》和《综合贸易和竞争力法》。此外，一些机构，如国家科学基金会和美国国立卫生研究院，已经开始试点项目，以更好地将其资助的研究与商业化成果联系起来。

尽管如此，只有美国国家标准与技术研究院（NIST）是唯一明确致力于商业创新的联邦机构。

（5）商业研究支持：在美国，大多数商业研究活动都是由私人的营利性公司进行的，除非研发与实现国家核心任务（如国防）有关，否则政府通常不直接支持公司的研发。但政府推行了一系列帮助企业创新的政策，如减免税收等。

2. 知识流系统

（1）创新集群：硅谷等成功集群的出现证明创新集群可以推动创新的增长。联邦政府的资金在某些美国创新集群的发展中发挥了关键作用，但明确的创新集群政策一直是各州和州下属地区制定，部分原因是这些政府部门“更接近实际”，更清楚哪些集群是重要的。

（2）行业协作系统（与学术界和研究机构合作）：与许多国家相比，美国拥有高度发达和成功的产学研合作体系。麻省理工学院、加州理工大学和斯坦福大学是世界其他地方的典范。事实上，美国大学与产业合作的成功并不是单一的原因，而是有许多因素在起作用。首先是文化因素，像约翰·杜威那样具有悠久传统的实用主义支配了美国大学，使它们认为与工业界的合作不是玷污基础研究纯洁性的东西，而是一种有用的、可以促进知识进步的东西。此外，美国的大学类型和所有制（拥有大量世界一流的私立大学）的多样性，创造了一个更具竞争力的环境，在这种环境中，大学创新并与产业竞争。除此之外，美国大学的等级制度比许多其他国家的大学要低得多，在那些国家，教师必须等到成为正式教授后才能与行业合作或创办新公司。最后，在许多州，公立学院和大学受到州和地方政府的鼓励和支持，努力与工业界更密切地合作。尽管总体表现良好，但不同学校的商业化绩效仍存在很大差异，一些政府 / 机构计划的资金和参与度都较为有限。

（3）外国技术引入与本国技术输出：美国经济规模庞大，总体上处于技术发展的前沿，因此很少有针对获取外国技术的明确政策。总的政策方针是欢迎外国直接投资（FDI），因为它带来了技术转让。此外，美国通过美国外国投资委员会（CFIUS）监测外国对美国公司的收购。CFIUS 是一个机构间委员会，有权审查可能导致外国实体控制美国企业的交易，以确定此类交易对美国国家安全的影响。大多数外国收购美国公司的行为甚至都没有引起美国外国投资委员会的审查，而且很少有交易被拒绝。这在一定程度上反映了一种信念，即外国收购美国企业在许多情况下可以提供必要的资本注入、技术诀窍和

市场准入，从而帮助美国企业提高竞争力。然而，由于对中国掠夺性收购的担忧与日俱增，美国国会通过了《2018 年外国投资风险审查现代化法案》（Foreign Investment Risk Review Modernization Act of 2018），该法案为美国政府提供了更多资源和更多工具，以限制外国投资，尤其是美国对手的投资。此后，中国投资大幅下降。

在技术出口方面，向其他国家出口美国商业技术几乎没有限制，除非这些技术对当前或潜在的军事对手有潜在利益。因此，美国商务部（DOC）的工业和安全局负责监督美国某些敏感技术向一些外国的转让。但同样，所涉及的技术数量相对较少。此外，在过去十年里，来自工业界和其他方面的压力越来越大，要求减少限制，以提高美国的创新竞争力。与此同时，对中国获取过多美国技术的担忧与日俱增，加上特朗普政府越来越有兴趣限制一些中国技术公司，特别是那些与中国军方有联系的公司，这使得出口管制成为一种更广泛使用的工具。此外，美国国会还责成工业与安全局（BIS）提出一份应限制出口的新兴和基础技术清单。

（4）技术推广：美国有一些与技术传播推广相关的政策和计划。如 1989 年，国会建立了一个小规模系统帮助中小型制造商采用新技术，称为制造业扩展伙伴关系（MEP）。但是相比日本、德国等其他国家，美国对这些系统的支持非常有限。

3. 人力资本系统

（1）教育 / 培训（K-12 教育，即美国基础教育）：美国 K-12 学生国际上可比较的标准化测试中的表现普遍不足。该系统未设定全国标准，鼓励学生独立性和创造性思维的课程较多。但随着标准化运动的兴起，类似课程选择正在减少。尽管考试

成绩相对平平，但在鼓励学生独立和创造性思维方面，美国 K-12 教育体系似乎比许多其他国家的教育体系做得更好。

（2）高等教育：美国高等教育系统形式多样，分布广泛，但存在学费高、入学率低、学习受益低、缺少专业选择指导等问题。此外，由于越来越多的中国学生来美攻读 STEM（理工科）学位，人们担心其中一些人可能借此机会为中国窃取知识产权。

（3）技能 / 技术培训：美国尚无关于技能培训的国家体系。私营部门在技能培训方面的总投资大大下降，目前技能培训主要依赖州政府和地区政府的技能培训计划，以及社区大学系统。

（4）移民政策：美国依赖高技能移民支持创新体系（通过创办新公司等），且到目前为止收效良好。但总体而言，美国并不专注于引进高技能移民，且特朗普政府一直在努力限制移民。

四、美国国家创新体系未来展望

根据前文的分析，美国的创新体系主要优势在于商业环境和监管环境，但在创新政策方面较为薄弱。美国认为创新应该留给市场，而政府的作用是支持“要素投入”。面对来自中国的经济、技术和军事挑战，情况已经发生了变化。虽然美国在许多领域具有重要优势，但其中部分优势已经开始缩小，美国的地位正在明显下降，这包括为大学和联邦实验室提供资金支持，以及其他创新投入，因为联邦政策制定者仍不愿优先考虑联邦预算过程中的投资。事实上，这折射出美国社会不愿投资于未来和公共产品的现状。几乎没有证据表明美国选民愿意牺牲额外的当前收入和消费来换取未来的投资。与此同时，上市公司的投资决策也反映了这种迫切需要满足的压力。更令人不安的是，美国出现了一种转向“新路德主义”的思潮，所谓的“公

共利益”团体、媒体、权威人士和其他精英采取了反创新的态度，无论是涉及转基因生物、数据和人工智能的使用，还是自动化领域。这使整个创新环境更成问题。

因此，未来只有将创新成功三角的三个方面最有效协调的国家才可能是全球创新竞赛的胜者，并将获得更大经济活力和经济繁荣。为实现创新成功三角的协调构建，美国需要改革监管体系，改善创新政策，以扭转创新政策环境长期恶化的趋势。

（编译：江晓波 罗彧，责任编辑：黄诗愉）

文章来源

<https://itif.org/publications/2020/11/02/understanding-us-national-innovation-system-2020>



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 11 期（总第 439 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 2 月 25 日

构建 COVID-19 治疗的关键路径

[编者按] 2020 年 5 月 20 日，美国企业公共政策研究所（AEI）发布《构建新型冠状病毒治疗的关键路径》（Building the Critical Path for COVID-19 Therapeutics）报告，旨在构建一套全面的新型冠状病毒肺炎（COVID-19）治疗路径，以提高开发安全、有效疫苗的能力，并加快疫苗大规模推向市场的步伐。该报告概述了包括抗病毒药物、免疫调节剂、基于抗体的治疗及其他药物和生物制剂在内的四种治疗 COVID-19 方法，在此基础上，构建了四条关键路径：（1）筛选有希望的治疗方法并为其创建明确的研发路径；（2）提高临床试验的有效性；（3）全面评估产能；（4）对获得紧急使用授权及批准的药物进行真实、有效的数据收集和研究。本文就其主要内容进行摘编。

尽管抗病毒药物瑞德西韦（Remdisevir）已经在临床试验中获得新型冠状病毒肺炎（COVID-19）的紧急使用授权，但尚未有足够证据表明其可作为常规治疗方法，新冠肺炎的治疗方

法仍受到研发的复杂程度、研发时间、研发成本以及不确定性等众多因素影响。5月15日，美国联邦政府宣布资助100亿美元用于COVID-19治疗和疫苗研究，旨在减轻COVID-19对国民健康和社会经济产生的巨大影响，把开发疫苗作为经济复苏的主要途径。然而，传统的疫苗研发流程无法在短期内实现疫苗的开发和市场推广。鉴于此，探索新型、有效的COVID-19治疗路径对提高疫苗开发能力、加快大规模市场应用具有重要意义。

一、COVID-19的治疗方法

安全有效的疫苗是预防COVID-19的有效手段，但疫苗研发周期长，且具有不确定性。因此，在疫苗研发出来以前，必须采取有效的预防措施降低病毒感染率，同时要为无法使用疫苗、无法选择疫苗的人群研发其他疗法。为全面构建COVID-19治疗的关键路径，临床开发疫苗的早期和后期过程需要更广泛的信息共享，并在疫苗早期研究、开发、生产和使用的各流程采取并行、无缝对接的试验，促进相关产品从小批量早期安全评估快速过渡到关键试验的大规模安全评估，从而缩短传统疫苗研发的线性流程，提前为未来可能发生的各种挑战做好应对方案。目前，临床治疗新冠肺炎的主要方法包括以下四种：

1. **抗病毒药物。**截至目前，尚无针对COVID-19的特效药。当前的主要治疗药物包括两种：一是基于干扰病毒复制原理的广谱抗病毒药物或现有抗其他病毒的药物，目前已用于新冠患者临床测试，如吉利德科学公司开发的瑞德西韦；二是针对COVID-19专门研发的特效药，尚无明确结果。此外，全球正在进行大规模筛查现有临床前化合物的工作，相关证据表明：第一代靶向新冠病毒药物的成功率较低，第二代和第三代药物成功率相对较高。

2. 免疫调节剂。大多数 SARS-CoV2 感染不会对健康造成严重影响。但少数住院患者伴有严重并发症，尤其是老年患者和有并发症的患者，约数十万人死亡。研究表明，“细胞因子风暴”产生的激烈免疫反应以及参与炎症反应的其他化合物释放，可能是导致这些患者愈后不良的重要原因。因此，免疫调节剂药物可能能够减少某些患者的严重并发症、严重疾病和死亡发生率，同时减轻未来几个月 COVID-19 对卫生系统能力的压力。另外，由于某些 COVID-19 患者还因凝血而导致严重并发症，抗凝剂和溶栓药的相关研究也在进行中。

3. 抗体治疗。康复期患者的血清和 COVID-19 患者的合并抗体产生的超免疫球蛋白已被证实其他病毒性疾病中有效。尽管此类免疫球蛋白的供应可能受限，但单克隆抗体技术的进步足以使大规模合成有效抗体成为可能。通过单克隆抗体技术，可以大规模生产最有效的中和抗体，作为早期感染的治疗方法和暴露预防措施，可以防止暴露于病毒的人受到感染。这些抗体也可以用于高危人群的预防措施。此外，某些单克隆抗体经改造延长其半衰期，可作为接种疫苗前的过渡措施。

4. 其他药物和生物制剂。从细胞疗法到 CRISPR 技术，数百种其他化合物或方法正在临床前或临床中测试，以加快 COVID-19 的治疗。另外，随着治疗新冠不同路径相关证据的不断积累，相关机构未来可制定更多科学监管方案。

二、COVID-19 治疗的关键路径

（一）筛选有希望的疗法并为其创建明确研发路径

政府机构采取多种措施来支持新产品临床前和临床开发研究，以治疗新冠患者。美国国家过敏与传染病研究所（NIAID）、生物医学高级研究与开发管理局（BARDA）、国防部（DoD）和

私营实体投入大量资金并简化程序来支持新药物开发；食品和药物管理局（FDA）通过其快速审查和批准工具为 COVID-19 产品开发人员提供了额外帮助。但是，规模小、经验缺乏的人员开发的新疗法往往得不到来自政府机构的支持，只能从其他机构获得支持。因此，为有希望的疗法构建清晰的路径，可以保证其获得更多支持，主要措施包括：

1. 及早发现有希望的疗法并为其提供更多支持。有希望的新疗法及早被发现可获得更多资金支持，进而缩短研发周期，如美国国立卫生研究院（NIH）和美国国立卫生研究院基金会（FNIH）建立加速 COVID-19 治疗干预和疫苗（ACTIV）公私合作，旨在快速确定有希望的候选产品，使其及时获得支持。

2. 跟踪和共享关键的非专有信息，从而更好地进行投资决策和计划。为加快产品开发速度，预测后续开发阶段的挑战，公共机构应公开提供加速援助的标准和有关优先候选人的非专业信息。这些信息可以帮助产品开发人员避免在后期开发阶段出现延误，评估潜在疗法的进展，提高产品获得私人机构支持的概率。应当公开获得的关键非专有信息包括：早期阶段产品（包括产品类型）、临床试验中产品（包括研究设计、开始日期、终点、通用指南的使用、预期概率大小、预期进展时间、注册和保留的重大更新）、已批准产品（包括关键设计特征的信息）。

（二）提高临床试验的有效性

临床研发周期长、成本高，不适合突发公共卫生事件的精确研究。在当前的疫情下，必须尽快在诸多有前途的疗法中确定有效的疗法，促进提供的资源可以集中用在真正改善患者健康状况的疗法上。因此减少开发时间和成本的措施非常重要，但必须以不损害安全性或不严重妨碍开发有关产品有效性范围

内严格证据的方式进行。主要措施包括：

1. 制定通用指南。通过进一步制定临床试验指南，以解决试验启动和患者招募中的潜在障碍。目前，部分前沿机构宣布了关于新冠临床试验的重大合作，并将共同制定通用指南，如NIH的自适应COVID-19治疗试验（ACTT）。对于不同临床背景下的各种研究类型，可能还需要其他指南以用于特定情况的试验。

2. 提升试验指南的通用性和透明性。通过开发系列工具，可帮助潜在站点和患者更好地了解其如何参与试验并获益，促进医疗系统描述和收集关于患者特征、治疗条件以及主要和次要节点的关键数据，从而更有效地设计试验。如临床试验转化计划（CTTI）正在研发一套工具，提供相关路线图，作为设定目标的基础，同时更广泛地促进通用指南的使用。NIH和其他资助者也将使用这些工具设定相关研究设计和性能的明确指导及期望。

3. 支持广泛的COVID-19试验网络，有效地测试多种疗法。试验网络促进了合作，并减少了其他疾病领域（例如癌症、阿尔茨海默氏病和抗药性肺炎）的临床试验成本和时间。支持COVID-19试验网络，让该网络足够快速、灵活且组织良好，使临床开发计划可以快速地使用试验网络，以有效地测试多种治疗方法。

4. 实施可扩展的访问计划，从而可靠地收集患者关键数据。快速完成有希望的治疗方法的临床试验是至关重要的优先事项，但许多无法参加此类试验的患者很可能希望在批准之前就可以使用该疗法，尤其是患有严重COVID-19并发症的患者。如果制造商具有额外的治疗能力，则FDA应该支持针对COVID-19患者

进行扩展访问并设计建模以及及时实施治疗计划。该计划应包括指导和工具，用于建立注册表以跟踪在扩展访问计划下接受治疗患者的特征和结果。这将促进有关患者关键数据的收集，同时帮助严重并发症患者及时获得治疗。

（三）全面评估产能

要确保新的 COVID-19 疗法能够在 FDA 的紧急使用授权(EUA) 批准后以最小延迟大规模供应,必须预先制定计划,并保障投资。目前来看,关于治疗方法有效性的证据可在短时间内迅速积累,因此需要预先规划产能,以应对当前乃至第二次疫情爆发的可能性。对于重新确定的药物,必须足以满足已经依赖于该药物治疗的患者需求。其具体措施有:

1. **评估未来的产能差距。**COVID-19 潜在疗法的多样性需要一系列制造平台,包括小分子肠胃外药物、单克隆抗体和灵活的一次性生物制剂。这些平台安装昂贵且费时。为避免有效疗法出现产能短缺,当前阶段应预先规划,包括对每种主要类型疗法的生产能力进行评估、对有希望疗法的紧急使用和开发批准时间进行预测。

2. **制定计划, 充分提高先进制造能力。**为了解决 COVID-19 能力评估中发现的不足,有三种方式可以增加制造能力,具体包括:

① 更有效地利用现有能力。制造商应与 FDA、其他机构合作,找出优化当前制造能力的方法,并为该能力的可塑性做准备,以支持新疗法需求的潜在增长。

② 将现有制造能力转到新疗法上。如果评估发现现在疗法和新疗法存在差距,则需要将现有能力转到新疗法上。将现有制造能力转到新疗法需要时间和资金,同时,先进制造能力有限,

因此，利益相关者必须确保这种用途不会导致其他情况的关键疗法短缺。

③ 建立额外的能力。为了建立额外的能力，需要 FDA、生物技术协会、制造商协会以及相关公司在内进行公私合作为制造商发现机会，从而迅速改变现有能力，快速生产最有希望的疗法。

3. 提供财务支持。制定新的财务激励措施和付款模式，确保有足够的资金制造 COVID-19 疗法。通过两种类型的大规模预付款合同来增加 COVID-19 疗法开发的经费。两种类型的预付款合同分别为：1) 通过生物学高级研究与开发管理局 (BARDA) 管理的联邦资金支持大规模购买有效疗法，减少制造商和付款人对新型 COVID-19 疗法的规模和成本的不确定性，并帮助确保新疗法的充足供应；2) 医疗保险和医疗补助服务中心 (CMS) 和私人付款人应探讨制定预购合同，为其受保人群提供足够的治疗用品。

（四）对获得紧急使用授权和批准的药物进行真实、有效的数据收集和研究

在产品批准之前完成的随机试验将获得关于安全性和有效性有价值的证据，从而支持 COVID-19 新治疗剂的使用。然而，初步批准的关键试验可能是基于特定类型的 COVID-19 患者安全性和有效性的证据，如患者的治疗环境、重病住院患者。此外，在缺乏可靠治疗方案的情况下，FDA 可能会在试验完成之前对具有良好临床效果的治疗实施紧急使用授权。同时，市场上已上市的产品中，具有抗 COVID-19 活性的产品其证据也可能不充分。在这种情况下可能会出现明显的标签外使用。因此，临床医生、患者和公众在最初获得批准或获得紧急救助后，将需要

有关 COVID-19 新疗法的更多数据证据，包括：对患者分组，如患有复杂疾病的老年人分组；对重症 COVID-19 患者批准的药物进行预防或早期治疗；对治疗组合的有效性进行分析；对替代 COVID-19 治疗方案的相对有效性和成本效益进行估计。获得这些证据的具体方法有：

1. 通过现有的通用数据模型和电子数据网络，在产品批准或紧急使用授权时增加证据。
2. 提供联邦资金，以确保满足速度和质量标准的关键产品上市后研究得到广泛参与。
3. 将实施虚拟上市后登记和协调研究连接起来。

（编译：王永杰，责任编辑：黄诗愉）

文章来源

https://healthpolicy.duke.edu/sites/default/files/2020-06/building_the_critical_path_for_covid-19_therapeutics_final.pdf



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 12 期（总第 440 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 2 月 25 日

人工智能与医疗保健

〔编者按〕2021 年 1 月 18 日，英国国会科技办公室发布了一篇名为《人工智能与医疗保健》（AI and Healthcare）的研究简报，作者是约翰·斯米顿（John Smeaton）、洛娜·克里斯蒂（Lorna Christie），该简报介绍了人工智能在医疗保健领域所具有的价值和广泛应用前景，论述了人工智能的应用对医疗行业的服务质量、成本和从业人员造成的潜在影响，并针对人工智能技术广泛应用于医疗保健行业可能面临的安全和法律等诸多方面的问题进行了讨论。本文对该简报的主要内容进行摘编。

一、背景

关于人工智能（AI）系统的定义，目前尚未形成定论，一般指的是可以执行需要人类智慧才能完成任务的智能系统。人工智能系统由算法支撑，可以对一系列的数据进行分析并得出符合要求的结果。近年来，由于机器学习模拟算法、深度学习

等技术的发展和所训练数据的质量和体量的提高，使得人工智能系统的性能得到了突飞猛进的发展。

目前，学术界、医疗行业专业人士和决策者对医疗保健领域人工智能技术的应用充满期待和兴趣。研究显示，人工智能可以提高医疗服务的质量、降低医疗成本并且减少员工在行政事务上的时间消耗。人工智能技术已经应用在医疗保健领域的诸多方面，包括辅助诊断、健康监测、可穿戴设备和智能医疗。东米德兰成像网络（East Midlands Imaging Network）及其合作伙伴正在测试一种分析乳房 X 光影像的人工智能工具，该工具可以对乳腺癌的发病症状进行筛查并对各类扫描的图片进行管理。尽管目前市场上已经有一些人工智能系统，但英国国家医疗体系（NHS）内却没有大规模使用人工智能技术。在英国国家医疗体系内，大多数用于医疗保健的人工智能产品仍处于研究或开发阶段，其中一些产品目前进入了试用或评估阶段。

尽管人工智能并没有在英国国家医疗体系内广泛使用，但是英国政府对人工智能在医疗领域的应用前景充满信心。在 2017 年的产业战略中，英国政府表示将利用大数据和人工智能实现“转变医疗系统疾病预防方式”的目标，到 2030 年实现慢性病的预防、早期诊断和治疗。2018 年，英国斥资 5000 万英镑投资了 5 个新的国家医疗与护理卓越中心用于研究如何利用人工智能来改善医疗病理诊断影像；同年，英国政府颁发了数据驱动医疗和护理技术的行为守则，旨在推动本国医疗系统使用人工智能和数字技术。2019 年英国政府成立了国家医疗系统数字化中心（NHSX），专门负责制定在医疗保健领域推广人工智能技术的相关政策并指导其实践，并斥资 2.5 亿英镑用于支持人工智能实验室的建设以及人工智能技术在英国国家医疗体

系中的研发应用。2020 年，英国政府继续拨款 5000 万英镑支持国家医疗与护理卓越中心开展利用人工智能更好应对新型冠状病毒（COVID-19）扩散的研究。此外，改进和提高医疗保健领域的人工智能和数字技术被确定为英国国家医疗系统数字化中心 2019 年的优先事项。

二、人工智能在医疗保健中的应用

1. 医学影像

在医疗领域有大量医疗影像需要进行专业分析。通过对结构化数据集和标准图像格式的深度学习，可以训练人工智能系统对各类医疗影像进行识别与解读。目前人工智能技术应用于医疗影像的领域包括：

放射科：人工智能系统不仅可以用来检测 X 光图像中的骨折和肿瘤，还可以对患者头部 CT 扫描结果进行描述和检测，从而判定患者是否患有中风、创伤性脑损伤和痴呆等病症。

病理与内镜：人工智能系统可以对显微镜下的病变组织样本进行分析来区分良性及恶性肿瘤。不仅如此，人工智能系统还可以辅助医生识别实时结肠镜检查视频中的癌变组织和癌前息肉。

眼科：通过对视网膜照片进行诊断和监测，人工智能可以识别青光眼、糖尿病等疾病引发的视网膜病变和老年性黄斑变性。

2. 日常事务管理

在日常工作中，医务人员花费大量时间在行政管理和临床事物上。英国国家医疗体系（NHS）的一项调查表明，人工智能技术可以帮助医务人员提高处理医院日常管理事物的效率和办公的自动化水平。例如：语音识别技术可以转录病人口述的病

历和病史，并向错过预约的病人发送提醒消息。对于复杂的物流和仓储问题，像物资管理和时间列表这类的问题也可以使用人工智能技术来处理以提高效率。

3. 治疗计划和患者监测

决策支持系统是基于软件的人工智能工具，可以为临床医生医疗决策提供数据支持和建议。人工智能系统可以协助医生开具处方、辅助诊断和识别病人各类并发症的风险。决策支持系统起源于 20 世纪 70 年代基于临床知识与临床操作指南的预先编程规则。目前，这种预先编程规则已经被广泛使用了。当前对决策支持系统的研发重点在利用机器学习的深度学习能力的提高该系统学习患者数据和临床文献的能力，这样一来，人工智能系统就能够直接监控患者的健康状况。在英国的各大医院，使用摄像头和可穿戴传感器对压疮、精神错乱、循环衰竭等症状进行预警的研究已经展开；身处医院以外的高危病人也可以通过远程设备进行监控和观察，避免不必要的住院就诊。

4. 其他面向患者的应用

一些语音助手和基于文本的聊天机器人可以直接帮助患者自己检查身体状况并获得治疗。手机应用程序配合可穿戴传感器和其他设备也可以帮助病人自我管理病情诸如呼吸系统、糖尿病或癫痫等疾病。人工智能可以嵌入这些系统来帮助医生对病人的病情进行实时追踪并提供量身定制的医疗保健指导。类似的人工智能系统还可以帮助病人自己管理心电图 (ECGs) 和进行尿检。

三、人工智能对医疗保健行业的影响

1. 对医疗成本的影响

利用人工智能实现日常事务管理和临床任务的自动化可以

减少医疗开支并提高医疗服务的效率。尽管在各个环节人工智能能够节约的医疗成本各不相同，但是根据 2018 年公共政策研究所的一项调查，人工智能和自动化能够通过缩短员工工作时间为英国国家医疗体系（NHS）节约 125 亿英镑的开支。

一些研究也报告了人工智能系统可以和临床医生一样甚至超过临床医生完成类似于皮肤癌、糖尿病、视网膜病变等诊断任务。这意味着疾病可以得到更早、更准确的诊断，并且未来的治疗费用会大大降低。然而，一些研究人员也对人工智能的学习能力表示担忧，因为目前很少有研究去检查人工智能系统在实际临床环境中的表现。为了解决这一问题，对临床行为进行研究和评价的新报告标准已经出台，以便于更好地评价人工智能在实际临床条件下的表现。

2. 对患者的影响

人工智能技术的应用可以让疾病得到更早更准确的诊断，患者也能够出现并发症前就接受治疗，从而改善患者的健康。还有一些证据表明，安装在家庭中的监控设备和应用程序能够使患者更主动地参与制订自身治疗方案，从而让患者在医疗中变得更加主动和积极，提高长期自我管理健康、治愈疾病的能力。然而，一些利益相关者担忧人工智能的应用可能会使医疗系统缺乏人性化。民意研究表明，人们相信人类同理心是医疗保健的重要组成部分，但是人工智能系统的应用不仅不会损害医患关系，还能让医生和患者有更多沟通与交流的机会和渠道。尽管一些人认为医生在诊断和治疗疾病方面比人工智能所做出的判断更加全面和系统，但是一些利益相关人士则建议在处理常规事物时更多地使用自动化和人工智能设备，让医疗机构的员工有更多时间能够花在患者身上来提高患者体验。并且人工

智能可以针对不同患者的病情制订和实施定制化的护理方案。

3. 对医疗保健工作的影响

为了更好地使用人工智能技术，医疗保健人员需要新的知识和技能培训。例如：医护人员需要学习新的知识和技术来操作人工智能系统并且理解其运行的原理和系统本身的局限性。在医疗行业内提高数字化水平将有助于人工智能技术的发展和普及。不仅如此，医疗行业还需要大量精通数据编程和信息化管理的岗位和角色。普华永道（PwC）的一项预测表明，随着人工智能系统在医疗行业应用的增长，英国的医疗行业将增加22%的工作岗位。专门负责医疗保健人员培训事物的英国健康教育署（HEE）已经启动了一项专门对医疗系统领导层和临床医生进行数字化技能培训的计划，计划包括了英国国家医疗体系内数字化学院的建立和“托波尔数字奖学金”的设立。临床信息学协会和信息学专业联合会这样的机构正在致力于开展专业化的培训以提高医疗工作人员使用信息和数字技术的能力。

4. 人工智能的应用对社会道德、法律造成的挑战

2020年，咨询公司牛津洞察（Oxford Insights）的一项排名显示，英国在人工智能方面所进行的准备排名全球第二，仅次于美国。但是，也有一些利益相关人士强调英国国家医疗体系（NHS）长期在创新发展方面存在诸多困难，例如：缺乏专项资金和组织分散等问题。并且，在英国国家医疗体系（NHS）内也存在一些与人工智能应用有关的技术和伦理问题。

5. 人工智能应用于医疗保健行业的安全性和有效性问题

在人工智能系统在改善患者体验和提高医疗服务质量方面表现出巨大潜力的同时，我们也应该认识到，如果人工智能系统在设计上存在缺陷或者使用不当也会造成巨大的安全风险。

在遇见始料未及、训练数据未涉及的情况时，人工智能系统可能给出危险的建议和指令。例如：有报道称，一些人工智能机器人出现了丧失模拟心脏颤动的功能、在测试期间对儿童实施性虐待等问题。如果一个系统的对照参数被设定为过于敏感，可能会导致对患者的过度诊断甚至是危险的临床干预，并且医疗费用也会增加。

也许人工智能系统在开发和测试过程中表现十分良好，但是应用到医疗实践中依然有各种难题与挑战需要解决，这无疑妨碍了人工智能系统的推广与应用。例如：谷歌的视网膜人工智能检测系统在研发过程中表现良好甚至超过了人类专业的眼科医生，但是在泰国几家医院的医疗实践中表现让人失望。主要原因是相比人工智能系统训练时候的扫描图像，实际操作过程中视网膜扫描成像结果的质量差得多，当然也存在诸如人和人工智能系统互动的其他问题。一些医务人员的某些专业偏见可能会导致他们信任系统的自动化决策，但也可能不信任。

国家医疗系统数字化中心（NHSX）与国家医疗与护理卓越中心的研究所已经与其他相关机构进行合作并发布了数字化医疗技术的评估标准，这些标准列举了安全性、医疗效率、可用性和成本效益等要求，使医疗服务提供商在购买人工智能系统前就可以要求开发者满足这类条件。

6. 关于隐私保护和数据共享

由于使用患者数据将要受到很多现有法律和法规的监管，利用大量数据来开发人工智能系统将引发一系列的隐私问题。例如：2017年咨询专员办公室（ICO）发现皇家自由医院（Royal Free Hospital）未能遵守数据保护法的规定，向医疗巨头深度思维公司（Deep Mind）泄露了可识别的患者数据用于肾损伤

诊断系统的开发。有证据表明公众对医疗机构如何共享患者数据这类事件缺乏认识，同时也对患者数据的共享持怀疑态度，特别是那些医疗机构间的数据共享。2018 年的一项调查显示，2080 名英国成年人中 50.3% 的成年人愿意共享匿名的个人健康数据；12.2% 的人愿意把个人健康信息分享给用于改善医疗服务用途的研究。

英国国家医疗体系（NHS）不同机构之间的数据共享协议和数据格式存在重大的差异。一些利益相关人士担心 NHS 系统的领导缺乏对数据共享协议达成一致的专业知识，从而使被 NHS 系统掌控的患者数据的价值无法得以充分发挥。2020 年，英国政府成立了国家医疗系统数字化中心（NHSX）来提高数据的流动性和共享性。这一机构的设立旨在确保医疗体系内数据共享合作伙伴关系能够维持，并使整个国家医疗服务系统从数据共享中受益。

7. 数据质量

人工智能系统需要海量并且高质量的训练数据集来产生准确的输出。不准确或不完整的数据会使人工智能系统输出结果严重偏离预期效果。训练数据通常需要以结构化的数字格式进行储存以便数据更容易被机器学习算法识别。但是英国国家医疗体系内不同组织的数据质量和格式存在很大差异，这取决于数据的电子化和标准程度。例如：尽管 2017 年 54% 的英国国家医疗体系（NHS）信托机构报告医疗机构人员可以依靠数字技术将他们所需的所有信息电子化记录，但是英国国家医疗体系（NHS）内的二级医疗保健单位仍然大量使用纸质手段进行记录。此外英国国家医疗体系（NHS）使用的许多 IT 系统无法做到与其他系统进行通信和互操作，这使得数据的收集工作变得更加

困难。对此，英国国家医疗体系（NHS）的长期发展规划把实现系统的连通性和互操作性作为优先目标，从而实现数据的采集和共享。在这一规划下，预计在 2024 年英国国家医疗体系（NHS）内的所有医疗单位都将实现“信息数字化”。

8. 安全性

评论人士对医疗保健行业内人工智能技术和其他技术的广泛使用可能造成医疗系统遭受网络攻击的潜在风险表示担忧。在人工智能开发期间，医疗系统内部与外部开发人员共享大型数据集的情况将使得数据泄露的风险大大增加，黑客及其他势力可能会通过对人工智能系统进行操控从而篡改输出结果进而干扰医疗系统或者进行医疗欺诈，甚至是盗取研发过程中患者提供的个人数据。

9. 问责机制和法律责任

调查显示，由于担心人工智能的应用会导致医疗责任的模糊化和主管医生推卸对病人的责任，公众对人工智能或其他自动化决策系统持不同的信任态度。2016 年，普华永道（PWC）针对 12 个国家 12003 名成年人的调查显示，39% 的英国籍调查对象表示他们愿意通过人工智能系统进行诊断或治疗以及获得医疗保健方面的建议；50% 的英国籍调查对象则表示不愿意这样做。目前，几乎所有的人工智能系统在实际应用中都向临床医生提供建议，然后再由医生根据他们的知识、经验作出最终的医疗决策。一个包含 53 名患者和社会公众人士参与的医疗科学研讨会表示，人工智能应该辅助临床医生做决策，而不是主导医疗决策。

从法律角度看，如果一个临床医生因采纳了人工智能系统的建议对病人造成了伤害，那么临床医生、系统研发人员和医

疗服务提供商都将面临刑事起诉及民事索赔，临床医生也将面临医疗协会的纪律处分，然而如何处理这类事件还缺乏先例。目前还没有专业的监管机构制定指南或者法规来规范和指导人工智能的使用。像英国皇家医学学院这样的专业学术机构担心人工智能的应用难以明确法律责任和进行问责。随着“黑箱”技术的应用，决策的责任更加难以明确，在人工智能普遍应用的情况下，医疗决策的过程将变得十分复杂，这使得人们难以全面地理解一个医疗决策产生的过程。一些利益相关人士表示，未来社会需要全新的针对人工智能的法律体系来指导和规范人工智能的应用和发展。

10. 医疗不公平现象

如何开发和使用人工智能系统决定了今后医疗不公平现象是增加还是减少。人工智能系统可以根据最新的医疗数据和执行标准对不同的症状进行诊断并提供无差别和标准化的医疗保健建议，从而减少不同医疗机构之间服务质量的差别并提高患者体验。但是，人工智能系统仍然存在算法上的缺陷，会提供与数据集相冲突的建议，这种情况可能是由于系统在研发期间使用的样本总量不能覆盖所有现实情况的训练数据导致的。例如：一个常见的皮肤癌研究数据库主要包含了白人患者皮肤影像的数据，而缺少其他肤色患者的皮肤影像数据。专家认为，机器学习系统使用这些数据进行训练会导致系统无法对黑色皮肤的患者进行诊断。《数据保护法》要求在使用个人数据进行研发和治疗的过程中避免歧视行为，《2010年平等法案》也禁止根据固有特征对不同群体进行区分和歧视。

11. 人工智能的监管问题

直接用于医疗目的的人工智能系统将被纳入医疗器械、体

外诊断设备或可移动植入设备的管理范畴。在英国，这类物品受药品和保健产品监管局（MHRA）的监管。根据 2018 年英国脱欧法案，在英国脱欧过渡时期将保留欧盟相关法律，此期间《欧盟器械管理条例》继续生效。除了上述法规，英国政府针对本国市场流通的医疗器械也于 2021 年 1 月出台了规范指引。除了北爱尔兰地区，未来英国的相关法律将根据《2019-2021 年度药品和医疗设备法案》来制定。英国政府表示，新的法规将注重医疗器械和药品的安全性并更好地促进包括人工智能在内的新技术在医疗行业的应用与推广。

人工智能领域对个人数据的使用行为将受到信息专员办公室（ICO）的监管，然而在英国国家医疗体系（NHS）内部对数据的使用有更严格的安全标准，并且对人工智能的研发将被认定为医疗研发，需要得到医疗研发管理部门的许可。英国医疗质量委员会已经申明，任何在没有人工干预下人工智能系统对患者的诊断和治疗都需要进行注册。医疗行业的相关人士认为现有的英国医疗研发监管体系涉及众多部门且流程繁琐，难以推动医疗创新的发展并且已经成为创新的一种障碍。英国国家医疗体系（NHS）的人工智能实验室正在资助简化监管程序的项目，包括创建一个多机构联合办公的咨询服务体系，期望能够为寻求指导的 AI 研发者提供更加便捷的一站式联系渠道。

在英国现有的监管和法律体系下，机器学习算法系统的研发与应用困难重重，尽管该系统能够在获得新的数据时继续学习，优化算法和输出结果，但是想要确保实现系统安全和高效的运行还是存在很多困难。美国食品和药品管理局已经出台了允许研发人员预先设计一系列针对未来 AI 系统改变的安全程序的法规，但在英国这方面做的还不够。作为美国的合作伙伴，

英国标准协会已经考虑如何制定国际化的医疗器械管理标准来应对和解决英国人工智能发展可能面临的各种情况与挑战。

（编译：王坚 吴崇，责任编辑：黄诗愉）

文章来源：

<https://post.parliament.uk/research-briefings/post-pn-0637/>



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 13 期（总第 441 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 2 月 25 日

制造业科技人力资源流失严重亟待重视 ——科技人力资源与经济结构或产业结构关系研究

〔按〕在新一轮的科技革命和制造业深度融合的背景下，科技人力资源成为各国竞相关注的热点。科技人力资源分布于各行各业，对社会经济发展产生重要影响。中国科协战略研究院联合成都新经济发展研究院有限公司通过互联网简历数据挖掘提取我国科技人力资源特征，结合产业结构与经济结构进行分析，形成报告如下。

制造业是科技创新的主战场，科技人力资源是驱动制造业创新的主力军。为分析制造业中科技人力资源的变化情况，课题组通过收集招聘网站上的互联网简历数据，经清洗和脱敏处理后，再将其中的工作和教育信息映射到时间、地理位置和行业类别中，获得 1981 年至 2014 年间科技人力资源在各行业中的分布和流动演化状况。用于分析的简历共 4377172 份，行业覆盖涉及除公共管理、社会保障、社会组织类和国际组织类外的所有国民经济行业类别。由于简历数据从互联

网招聘平台获取，当前数据反映科技人力资源中有流动意愿的群体状况。利用已有数据对制造业中的科技人力资源进行分析得到以下结论。

一、我国制造业科技人力资源流失严重

一是科技人力资源在制造业就职比重逐年下降。1981年至2014年间，制造业中科技人力资源总量在不断上升，但其在科技人力资源总量中所占比例却由50%逐年下降至26%。在同一时间段内相较于其他行业而言，在制造业就职的科技人力资源占比长期位列第一，且高于第二名包括建筑业，批发和零售业，信息传输、软件和信息技术服务业约20个百分点。但从2010年开始，制造业与第二名的差距却在显著缩小。2014年仅高于位居第二的信息传输、软件和信息技术服务业4个百分点。按此趋势，我国科技人力资源在制造业就职的比例还会进一步下降。上世纪80年代，尽管50%的科技人力资源就职于制造业，但由于当时我国科技人力资源总量相对较少，科技人力资源对制造业的整体提升也相对有限。在当前技术变革的关键时期，就职于制造业的科技人力资源的比例呈现显著下降趋势，将对制造业人员整体素质的提升和制造业行业创新能力的增强产生不利影响。

二是制造业对科技人力资源的长期吸引力尚未形成。制造业在吸引应届毕业生方面具有明显优势。从科技人力资源第一份工作所在行业的数据统计可以看出，大批毕业生将制造业作为初次就业选择。根据课题组测算，32%的科技人力资源的第一份工作所在行业为制造业，在所有行业中占比最高，高于位居第二的信息传输、软件和信息技术服务业14个百分点。从学

科专业来看，将制造业作为第一选择的毕业生专业种类最多，其中既包括与制造业匹配度较高的专业，例如 63% 的机械类专业毕业生初次就业选择为制造业；也包括与制造业匹配程度较低的专业，例如 23% 的经济学专业毕业生入职的第一份工作同样在制造业，为所有行业中占比最高，高于位居第二的批发和零售业 3 个百分点。作为我国补充科技人力资源的主力军，尽管制造业对应届生的吸引力显著优于其他各行业，但这种优势却没有保持为长期优势。应届毕业生的补充依然难以补偿制造业科技人力资源巨大的净流出量。

三是制造业科技人力资源向其他行业外流现象严重。从科技人力资源在不同行业间的流动来看（图 1），在 1981 至 2014 年间，制造业内的科技人力资源总流动量和净流出量位居所有行业第一。基于现有数据测得制造业内科技人力资源的总流动量为 824812 人次，其中制造业内部流动 392816 人次，制造业向外流出 431996 人次，即制造业行业总流动量中超过一半外流离开制造业。与此同时，其他行业科技人力资源流向制造业 326688 人次，计算可得出制造业净流出 105308 人次。建筑业的科技人力资源净流出量为 29196 人次，位居所有行业第二，然而相较于制造业，建筑业的净流出量仅为制造业的 28%，由此进一步说明制造业科技人力资源流失问题得严峻。从制造业流出的科技人力资源去往最多的目标行业依次是信息传输、软件和信息技术服务业，批发和零售业，科学研究和技术服务业，租赁和商务服务业和房地产业。另一方面，流入制造业最多的科技人力资源依次来自住宿和餐饮业，采矿业，居民服务、修理和其他服务业，建筑业，电力、热力、燃气及水生产和供应业。

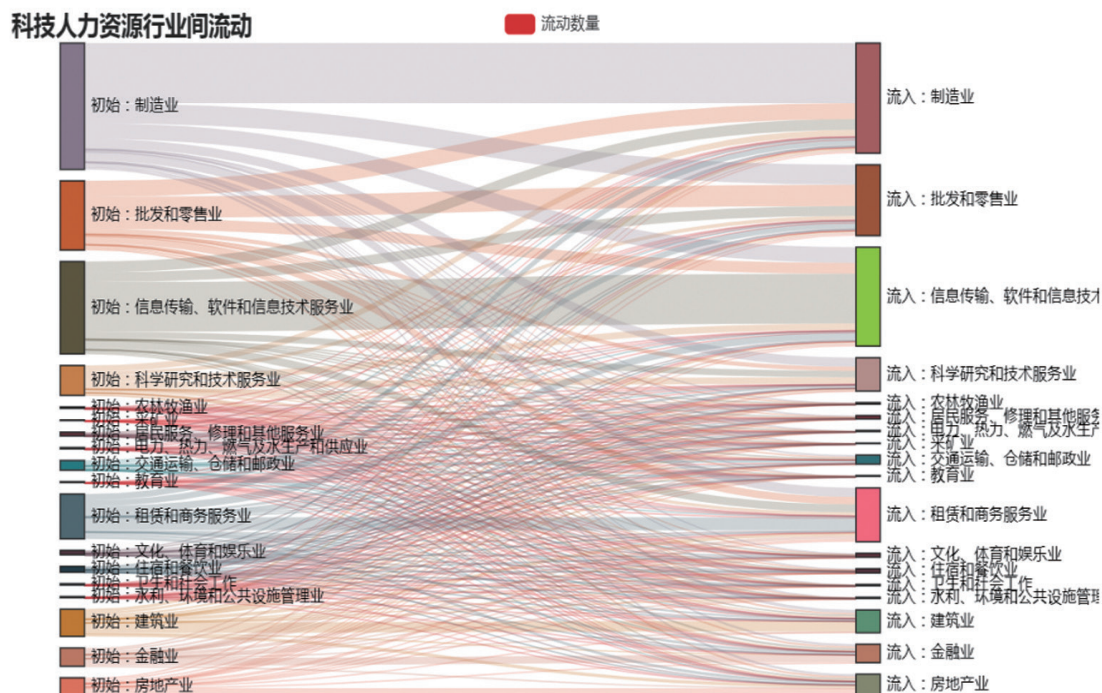


图 1 科技人力资源行业间流动

二、造成制造业科技人力资源流失问题的主要原因

一是制造业企业偏离生活文化资源集中分布的区域导致其难以长期留住科技人力资源。制造业企业迁出中心城市是城市发展进程中的普遍现象。根据当前数据挖掘得出，2008年北京和上海的制造业企业分别有1274家和3238家，到2014年则分别降至548家和1981家。现阶段我国优质的生活和文化资源主要集中在中心城市，以医疗为例，北京和上海的三甲医院就分别占全国总量的5%和4%。然而外迁后的制造业企业却集中分布在非中心城市或中心城市边缘地区，此类地区通常缺乏优质的生活资源和文化产品，这与科技人力资源日益增长的生活质量要求、个人发展及文化需求相矛盾。除此之外，部分科技人力资源还需考虑户籍政策和个人发展前景，因此在职业选择时会将专业匹配的影响权重弱化，优先考虑行业能提供的工作环

境及周边生活资源。这也是信息传输、软件和信息技术服务业，批发和零售业，科学研究和技术服务业，租赁和商务服务业和房地产业等距离中心区域较近的行业成为科技人力资源从制造业流出后的目标行业的原因之一。

二是薪资偏低导致科技人力资源选择其他薪资较高行业。据统计,2018年制造业平均工资为60682元/年,仅是信息传输、软件和信息技术服务业的54%,是租赁和商务服务业的88%。虽然上述三个行业的薪资年增率均在12%-14%之间,但由于平均薪资差距悬殊,直接导致从事制造业的科技人力资源薪资普遍低于在其他行业。这容易造成科技人力资源对制造业的行业前景和个人发展信心不足,使一部分有能力的科技人力资源主动选择跳入其他薪资较高的行业。

三是在2010年后制造业企业数量出现负增长,进一步导致科技人力资源流入其他行业。从图2中可以看出,各行业企业数量在1991至1994年之间出现上升拐点,从此步入快速发展阶段,年平均增长率为15%。信息传输、软件和信息技术服务业,制造业的年增量峰值均超过5万家,而批发和零售业能达到10万家。然而,在2010年后制造业企业数量开始出现负增长。与此同时,在科技人力资源从制造业流出后的目标行业中,租赁和商务服务业、信息传输、软件和信息技术服务业继续保持增长,在随后4年中其平均增长率分别为12%和14%,而批发和零售业,科学研究和技术服务业,房地产业的增长则相对放缓。

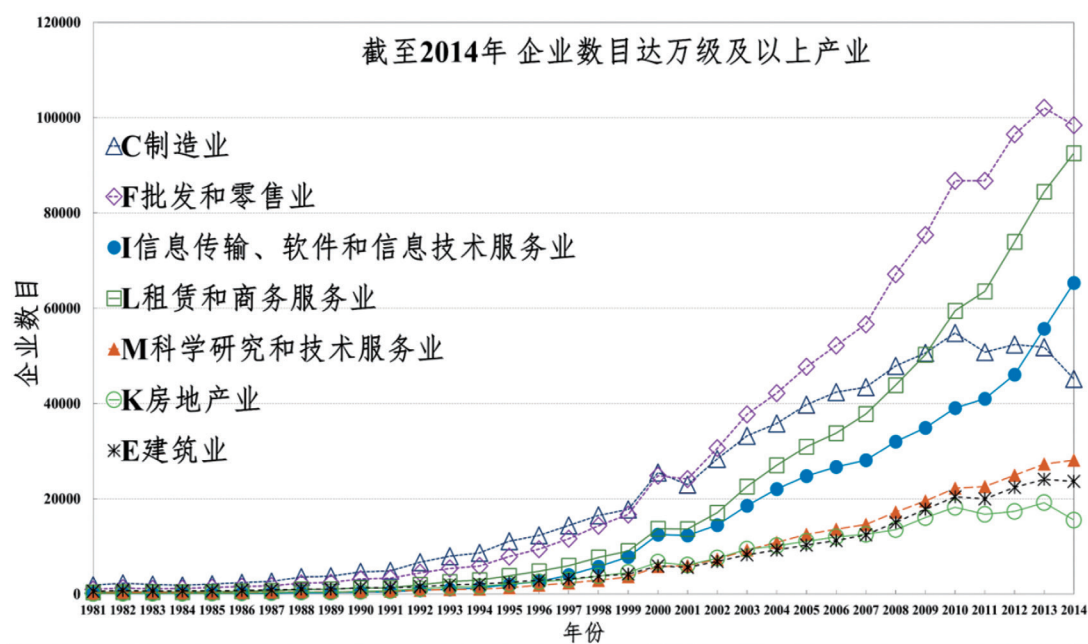


图2 企业数目达万级以上产业的时间演化

三、应对建议

一是建立智能、绿色、技术含量高的制造业企业向中心区域的回迁机制，最大程度优化制造业与科技人力资源的分布配置。首先可以通过设定制造业企业环境影响、科技含量和智能化的综合指数，来筛选具有向中心区域回迁资格的制造业企业。鼓励企业通过聘用科技人力资源，实现技术创新，降低在生产过程中的能耗、物耗、噪声及污染排放来达到指数要求。对符合标准的制造业企业，地方政府在允许其向中心区域适当回迁的基础上，给予一定的土地使用和租赁优惠等激励政策。其次，可以在中心区域建立制造业联合研发综合体，特别是对于非规上等不具备独自研发能力的制造业企业而言，可由地方政府牵头，联系产业链上下游企业在中心区域共同打造制造业联合研发综合体，在促成企业生产和研发在物理空间上分离的同时，通过共享研发资源，共同分担日常性支出来降低研发成本。综

合体将以研发岗为主，可大量吸纳科技人力资源前来就职。与此同时，综合体应配套优质的居住、教育、医疗和娱乐等生活资源，来抑制科技人力资源在制造业内的流失。

二是通过研发投入奖励机制、尖端人才补助和研发岗科技人力资源优先入股的方式，来提升制造业内的平均收入。地方政府根据制造业企业的研发投入比和研发回报率建立奖励机制，具体通过免税、降低土地使用费用等优惠政策鼓励制造业企业研发创新，其中大部分减免的费用应直接用于提升就业者的绩效收入。对于从事尖端制造领域的特定科技人力资源而言，地方政府还可采取行业人才补助的办法，来进一步提升其待遇。除此之外，在制造业企业中赋予研发岗科技人力资源优先入股的权力，企业可根据研发人员的研发成果包含创新产品、科技创新专利、学术文章发表等给予研发人员股份。

三是进一步营造制造业创新氛围，重点强调创新需要科技人力资源的社会心理，鼓励或倒逼制造业企业提高研发意识，来吸纳更多的科技人力资源。央媒、党媒应联合粉丝量高、影响力大的自媒体工作者，树立华为、特变电工、大疆等通过技术创新迈入高端价值链的制造业企业为业界榜样，着重讲好企业如何利用人才实现产业创新的故事，双向建立企业和人才彼此间的信心，并通过结合二者的创新需求来提升对研发岗位的数量需求。同时地方政府可设立辅助制造业创新研发的咨询公司，重点为意向企业提供创新或研发项目所需的科技人力资源推荐和团队配置等咨询服务，从而通过有效增设适合科技人力资源的在岗数量，来加速制造业企业的创新研发速度。在制造业内的前沿细分领域，可以解决技术难点为目标设立创新比赛，充分调动研发人员的创新积极性。在教育端，开发工业设计教

育或游戏用软件，例如芯片、机床设计等，来降低前沿制造的学习门槛和实践成本，并提升科技人力资源在教育阶段的创新尝试容错率，从多维度进一步营造先进制造的创新氛围。

课题组成员：

王 岩 电子科技大学计算机科学与工程学院博士后
黄园浙 中国科协创新战略研究院副研究员
周 涛 电子科技大学计算机科学与工程学院教授
赵明潇 成都新经济发展研究院有限公司政策研究中心主任
曹宝林 成都新经济发展研究院有限公司大数据平台运营总监
石 磊 中国科协创新战略研究院副研究员
赵客加 中国科协创新战略研究院副研究员
李金雨 中国科协创新战略研究院助理研究员



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 14 期（总第 442 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 3 月 15 日

日本量子科技的最新趋势和未来展望

——基于第 11 次技术预见调查结果的分析

〔按〕量子科学技术在物联网、人工智能、健康医疗、自动驾驶等方面应用广泛，对保障国家安全、促进高质量发展具有重要作用。本文论述了日本量子科技的研究现状，通过分析日本科技政策研究所科技预测中心 KIDSASHI 平台^①定期发布的报告，概述了各国量子科技战略和政策文件，并根据日本第十一次技术预见德尔菲调查结果，从各个主题的重要程度、国际竞争力、科技实现前景、社会实现前景和政策措施等五个方面对日本量子科技的未来发展趋势、应用前景进行了分析。德尔菲调查结果的数据表明，本次调查的 702 个主题的平均实现时间是 2032 年，量子科技的 22 个主题均在 2032—2040 年之间

① KIDSASHI（Knowledge Integration through Detecting Signals by Assessing/Scanning the Horizon for Innovation）是日本科技政策研究所开发和运营的平台，该平台每天采集全球 300 多个大学和机构发布的报告，使用 AI 机器学习系统分析并编写文章，在 KIDSASHI 网站公开发布。

实现社会目标；日本将在 2035 年建成国家首台门控量子计算机；单自旋元件、量子传感器和量子中继技术的重要程度和国际竞争力较高。

当今世界正经历百年未有之大变局，突如其来的新冠疫情给社会发展带来了广泛和深远的影响。量子计算机和模拟器在提高药物、新材料和催化剂研发效率方面具备一定潜力，大容量、高速通信的量子通信与密码技术，医学量子传感和成像技术等量子科技已引起关注，各国都在寻求进一步突破，抢占发展先机。2020 年 10 月 16 日，习近平总书记在中共中央政治局第二十四次集体学习时指出，要充分认识推动量子科技发展的重要性和紧迫性，加强量子科技发展战略谋划和系统布局，把握大趋势，下好先手棋。量子科技方面，日本的量子计算机基础研究处于领先地位，同时量子传感和量子密码通信技术也发展良好。鉴于此，总结和思考其量子科技发展轨迹，对于我国政策制定和加快建设创新型国家具有重要意义。本文根据日本科技政策研究所第十一次技术预见调查结果的数据，围绕量子科技主题的重要程度、国际竞争力、科技实现前景、社会实现前景和政策措施等五个方面对日本量子科技的未来发展趋势、应用前景进行了分析，为我国量子科学技术发展战略规划和系统布局提供参考。

一、背景

量子器件在当今数字化社会中扮演着重要的角色，它将拥有超越电子和光学器件的信息处理能力，有望实现对生物体的高精度、非侵入性、非接触性测量和传感，其研发在世界范围内日益活跃。日本发布的《创新综合战略 2019》报告指出，量

子技术、人工智能和生物技术是影响科技创新的前沿基础技术领域。日本政府拟推出《量子技术研发战略》，为今后十年的具体发展制定时间表。2019年6月，日本政府召开综合科学技术创新会议，讨论了《量子技术创新战略中期报告》，报告指出，量子技术将为日本经济、产业和国家安全取得跨越式发展提供新的可能，日本应举全国之力，全面地、战略性地推动量子技术创新。报告还提出了推动量子技术创新的五大战略，即技术开发战略、国际化战略、产业创新战略、知识产权与国际标准化战略和人才战略。

日本第十一次技术预见活动中，科技政策研究所(NISTEP)于2018—2019年进行了德尔菲调查，确定了7大领域^②，共计702个科技主题，预计实现时间为2050年。活动通过对企业、研究机构、政府的专家发放网络问卷，调查了各个主题的重要程度、国际竞争力、科技实现前景、社会实现前景和政策措施等五个方面，量子科技领域共确定了22个主题。

二、量子科技的发展趋势

1. 量子信息处理

谷歌、IBM、英特尔、微软等各大IT巨头企业已经成为全球量子计算机发展的主要参与者。2017年，量子计算机的集成度为9量子比特，一年后，谷歌宣布成功研发出72量子比特的超导集成量子计算机。此外，日本产业技术综合研究所川畑史郎提出，量子系统的相干时间从过去20年的纳秒大幅度提高到数百微秒，假设这一趋势继续下去，日本到2035

② 7大领域分别为健康·医疗·生命科学、农林水产·食品·生物技术、环境·资源·能源、信息与通信技术·分析·服务、材料·设备·工艺、城市·建筑·土木·交通、宇宙·海洋·地球·基础科学。

年将实现 100 万量子位的量子计算机。量子计算机有助于更高效地设计和研发新药物、新材料等。量子算法研究的最新进展，揭示了通过将量子计算机应用于电子态计算和化学反应模拟来计算含有大分子和过渡金属等重元素的分子系统方法。例如，微软公司借助量子计算机，阐明了硝基酶固氮过程的机理，从而研发出人工室温合成法，该成果有望开始一场新的农业革命。目前很多公司都在利用超导、光和冷却原子开发数字量子模拟器。如，谷歌和 IBM 已经成功通过量子计算机模拟复杂化学反应，旨在解决铍氢化物 (BeH_2) 的分子结构问题。川畑史郎认为，实际的量子模拟至少需要 100 万 ~ 1 亿个量子比特进行集成化，目前量子计算的现状还没有证明它们比传统计算机更优越，在实际应用中还有诸多课题有待研究。日本科技政策研究所研究员蒲生秀典指出，量子化学计算（数字量子模拟器）是量子计算机研发的试金石，量子计算机研发的最终目标是加速门控量子计算机的实用化，使其具有与传统计算机相同的容错能力。日本庆应义塾大学自旋电子学研究中心阿部英介等指出，作为计算用的量子位，超导、离子阱、硅量子点和金刚石氮空位中心等各种芯片正处在研究和开发中。超导量子位是发展最成熟的器件，由两部分组成，分别是硅基底上层叠的超导体（铝）和绝缘体（氧化铝）组成的约瑟夫森器件以及环形的超导量子干涉器（SQUID）。虽然器件结构相对简单，但为了提高相干时间，必须对材料的结晶度、取向度和界面进行改进和控制，这也是实际应用中最重要的问题。此外，器件的工作温度极低（几十毫开尔文），这给器件安装带来诸多挑战。由于硅量子点与当前的半导体器件的整合性较高，英特尔等公司正在积极开展研发。另外，微软与欧洲

的一所大学合作共同研发马约拉纳粒子量子比特，这有望成为量子计算机的重大突破。

2. 量子密码通信

随着信息和数据使用的普及，对信息和通信安全的需求不断增长，量子密码通信作为一种安全性极高且能够规避窃听者闯入传输网络的通信技术备受关注。日本国家信息与通信研究院（NICT）于2013年搭建总长约100公里的东京量子密钥分发（Quantum Key Distribution, QKD）管理设备，并对其运行情况进行了评估。2019年7月，日本牵头制定的标准（Y.3800）被国际电信联盟电信标准化部门（ITU-T）正式通过，成为全球首个量子密钥分发（QKD）技术标准。

在量子密码通信中，单光子用于信息传输，量子态由偏振（光波方向）、相位和自旋控制。横滨国立大学小坂英男指出，由于信息加载在单光子上，以固定间隔进行传输，目前传输信号较弱，因此研发一种能够长距离稳定传输信息（目前100km左右为极限）的技术迫在眉睫。目前采用经典的继电器来构建长途网络，无法从物理上保证网络的安全性。基于此，日本正在研发量子中继技术，可以快速有效地生成一个单光子源且能够进行安全、远距离通信。

近年来，使用金刚石中的晶格缺陷和氮空位（NV）中心的单光子源备受关注。金刚石具有超高的禁带宽度（5.5eV），可以在室温下产生单光子且不受光和声子的影响。Kosaka等研究发现，可利用金刚石氮空位中心开发一种量子态隐形传输技术，该技术可以测量入射单光子的量子态与空位的局部电子的叠加（量子纠缠）并将其转移到核自旋。蒲生秀典指出，通过量子态隐形传输是量子中继的基础技术，如果量子中继器可以投入

实际使用，有望实现“万物互联”。

3. 量子传感与量子生命科学

量子传感应用方面，在室温下实现金刚石中氮空位中心单电子自旋的量子传感器备受关注。金刚石中的氮空位中心可以产生单电子自旋相干叠加态，禁带较宽且位于间隙中心，在室温下能够保持较长的时间（相干时间：几毫秒）。该传感器可用于对生物体产生的磁场进行传感和成像。此外，通过控制氮空位中心的密度和位置，可实现纳米到毫米量级的空间分辨率。

近年来，科研人员注意力也集中在量子生命科学研究，它将量子科学技术（量子传感）与生命科学相结合。日本量子生命科学学会和专家委员会于2019年3月发布《关于促进量子生命科学发展的建议》，提出了基础科学和创新的两个方向和长期发展目标，以及为实现这些目标而需要关注的研究主题。量子生命科学学会于2019年4月1日正式成立，当年的5月召开了第一次会议。在“量子生命”方面，结合量子力学和生命科学的“量子生命科学（量子生物学）”，力争通过可以捕捉细胞内温度等细微变化的超敏“量子传感器”，实现癌症发病前预测。位于日本千叶市的量子科学技术研究开发机构将打造可供100～200名研究者使用最尖端设备和仪器的研究环境，将从大学和企业汇聚人才，构建“A11 Japan”（全日本）体制。

三、各国积极出台政策探索量子技术，抢占发展先机

量子技术被认为是可以改变未来的关键科学技术。近年来，各国对量子技术的关注度持续攀升，美国、欧盟、日本、澳大利亚、英国等国家和地区均加大对量子技术的政策倾斜和资金

支持，旨在抢占发展先机，2020 年全球对量子技术的投资达到 130 亿美元^③。

2018 年，美国众议院科学委员会高票通过《国家量子倡议法案》，计划在 10 年内拨给能源部、国家标准与技术研究院、国家科学基金会 12.75 亿美元，用于开展量子信息科技研究。同年 9 月，美国公布了《量子信息科学国家战略概述》，计划在从 2019 年开始的 5 年里，最高投入 13 亿美元，由美国能源部和国家科学基金会牵头，建成 10 个研发和人才培养基地。2019 年 2 月，美国国家科学基金会发布“量子跃迁挑战研究所”项目指南，拟投资 9400 万美元推动量子信息科学与工程前沿研究，研究内容涵盖量子计算、量子通信、量子模拟和量子传感等方向。2020 年 7 月，美国能源部公布了一项致力于打造量子互联网的计划，目标是十年内建成与现有互联网并行的第二互联网——量子互联网。美国 2020 财年预算提案中量子信息科学领域研发资金为 4.35 亿美元，2020 财年实际批准 5.79 亿美元，2021 财年预算请求额为 6.99 亿美元，比 2020 财年预算请求增加约 60%。

欧盟于 2018 年启动总额 10 亿欧元的量子技术项目，希望借此促进包括通信网络安全和通用量子计算机等在内的多项量子技术发展。德国政府于 2019 年 5 月宣布拨款 6.5 亿欧元开展大型量子通信研究项目，以强化德国及欧洲在量子通信技术领域的自主性。2020 年 5 月，欧盟“欧洲量子技术旗舰计划”官网发布《战略研究议程（SRA）》报告。报告显示，未来三年欧

③ <https://www.afcea.org/content/national-science-foundation-pushes-quantum-edge>.

盟将推动建设欧洲范围的量子通信网络，完善和扩展现有数字基础设施，为未来的“量子互联网”远景奠定基础。

日本文部科学省于 2018 年开始实施“光·量子跃迁旗舰计划（Q-LEAP）”，其项目周期为 2018 ~ 2027 年，第一年度投资额为 32.04 亿日元，重点关注量子信息处理、量子模拟器和量子计算机等相关技术领域。日本内阁会议于 2019 年 7 月发布《集成创新战略 2019》，分析过去一年日本国内外形势的变化，指出日本未来在生物技术、量子技术、人工智能、环境能源及安全等关键领域的发展目标和发展建议。美国和日本于 2019 年 12 月签署了《东京量子合作声明》，正式确立两国在量子科学领域的合作关系。根据《声明》，两国未来将在量子信息科学技术研究与开发方面持续合作，具体合作领域包括但不限于量子计算、量子网络和量子探测；合作培育下一代量子信息科学家和工程师；利用多边合作机会解决国际性重要问题和关键政策问题；促进研究方法、基础设施和数据的共享等。

澳大利亚联邦科学与工业研究组织（CSIRO）于 2020 年 5 月制定并发布了《量子技术路线图》，该路线图确定了可以支持量子生态系统的行动，行动将通过澳大利亚新兴高科技产业的发展，将澳大利亚的智力资本转化为经济价值。

英国下议院科学技术委员会于 2018 年 12 月发布了《量子技术》报告，分析了量子技术给英国带来经济增长和社会效益的机会与潜在风险，提出下一步发展的政策建议。英国国防科学与技术实验室（Dstl）代表英国国防部、英国战略司令部于 2020 年 7 月发布了《量子信息处理技术布局 2020：英国防务与安全前景》研究报告。报告认为，量子技术的进步能够有效提升军事指挥官作出有效决策的高效性、准确性和果断性。

四、德尔菲调查结果中的量子科技评价及未来展望分析

1. 德尔菲调查概况

日本科技政策研究所的德尔菲调查共选取了 7 个科技领域中有望在 2050 年实现的 702 个主题，并向产业界、学术界和政府的专家进行了两次网络问卷调查，调查内容包括每个专题的重要程度、国际竞争力、科技实现前景、社会实现前景、政策措施等，结果如表 1 所示。

表1 德尔菲调查问卷

项目	内容	选择项
重要度（单项选择）	日本实现30年后的理想社会的重要性	非常高、高、都不高、低、非常低、不知道
国际竞争力（单项选择）	现在日本国际竞争力排位情况	非常高、高、都不高、低、非常低、不知道
科技实现的前景（单项选择）	日本科学技术的实现时间	已实现、2025年之前、2026-2030年、2031-2035年、2036-2040年、2041-2045年、2046-2050年、2051年及以后、不能实现、不知道
科技实现的政策措施（多项选择）	实现科学技术所需的政策措施	人力资源、研发资金投入、基础设施、国内合作、国际合作、制定法律法规、应对伦理问题等、其他
社会实现前景（单项选择）	日本实现社会前景的时间	已实现、2025年之前、2026-2030年、2031-2035年、2036-2040年、2041-2045年、2046-2050年、2051年及以后、未实现、不知道
社会实现的政策措施（多项选择）	日本实现社会目标所需的政策措施	人力资源、项目补助、商业环境、国内合作、国际合作、制定法律法规、应对道德法律和社会问题

注：科技实现意味着建立技术环境，如获得预期的效果，可以在实验室阶段获得技术发展的前景。社会实现是指实现的技术可以作为产品或服务得到广泛应用。

2. 德尔菲调查结果：实现时间

根据德尔菲调查的结果，表 2 显示按社会实现时间顺序排列的主题表，并展示了重要程度、国际竞争力和受访者人数等数据。本次调查确定的 702 个主题，量子相关的主题有 22 个（不包括与量子束应用相关主题），其中量子计算机和量子模拟器的量子信息处理（●）主题最多，共确定 10 个主题；量子通信与量子密码（■）确定 6 个主题；量子传感（▲）确定 5 个主题；新材料（◆）确定 1 个主题。

表2 量子科技主题的社会实现时间、重要程度、国际竞争力和受访人数

社会实现时间	分类	科技主题	重要程度	国际竞争力	受访人数 (人)
2032	▲	量子传感器（例如超导量子与氮空位中心）相干时间超过10毫秒	1.16	0.64	114
2033	●	研发通用量子计算机难度较大，使研发难度相对较低的量子退火机成为可能	0.58	0.23	99
	●	量子模拟器，可基于量子化学计算的药物和催化剂设计	1.09	0.27	127
2034	■	量子中继技术可实现维持1000公里量子状态的量子密码通信	1.17	0.63	118
	●	使用量子计算机计算材料特性的方法	0.93	0.30	144
	■	使用量子密码学创新安全的量子通信技术	1.00	0.43	96
2035	●	由传统计算机、量子退火机和门控量子计算机组成的混合系统，可将药物研发、投资和财务决策的效率提升三个数量级	1.08	0.22	116
	●	一种基本的量子算法本质上改进了Shor算法和Grover算法之外的经典算法	0.58	0.21	96
	■	随着量子信息通信技术的发展，信息通信技术的安全基础已经从现有的密码技术转向量子技术的新安全框架	0.94	0.34	70
	▲	利用量子测量技术了解蛋白质功能中量子（机械）层面运行机制所需要的参数	0.47	0.18	282
	●	通过改进目前的量子门实现方法（如核磁共振和超导性）的可扩展性来维持数百位相干性的门控量子计算机	0.82	0.25	103
	●	以单旋为信息载体的信息器件，同时具备CMOS器件无法实现的高速度和低功耗	1.10	0.70	134
	●	与经典量子计算机相比，利用门控计算机特性的算法可以减少10个数量级以上的运算次数	0.81	0.08	145
2036	■	能够在需求时高速产生单光子的新设备	0.78	0.41	121
	■	利用量子密码实现金融系统的量子存储器	0.97	0.19	127
	▲	利用量子纠缠光的超高精度测量，阐明新的生物和生化现象	0.48	0.33	103
2037	▲	研发出超小型的量子传感器	0.74	0.40	121
2038	◆	新材料可在室温下长时间保持量子相干性	0.73	0.37	344
	■	量子通信技术可实现量子计算机之间的量子互联	1.00	0.31	127
	●	手掌大小的量子计算机加速器，可集成到现有计算机中	0.93	0.19	121
	▲	使用量子纠缠的成像技术，在没有光照的情况下不会对被测对象(活体)造成任何损伤	0.51	0.33	116
2040	●	通过量子信道和量子存储器实现量子神经网络	0.74	0.14	100

注：● 量子信息处理、■ 量子通信与密码、▲ 量子传感、◆ 新材料。重要程度和国际竞争力根据非常高（+2）、高（+1）、两者都不是（0）、低（-1）和非常低（-2）算出得分。来源：根据调查报告整理所得。

从社会实现时间的结果（以问卷调查回答的中位数衡量）来看，日本量子科技的不同主题大概在 2032 年—2040 年实现社会目标。本次调查研究的 702 个主题的平均实现时间是 2032

年，量子科技实现的时间较晚。

在量子信息处理领域（●），用于量子退火机^④的专门量子计算机、混合动力系统、量子模拟器和计算材料特性的方法将陆续实现，到2035年将建成日本首台门控量子计算机。此外，到2038年，将实现手掌大小的混合量子计算机和量子神经网络，包括量子通信和量子存储器。量子通信与量子密码方面（■），到2034年将实现超1000公里的量子中继技术，2036—2038年将实现高性能单光子器件、金融系统的量子存储器和量子通信技术。量子传感（▲）方面，高相干量子传感器将较早实现，随后2036—2038年将有一批生物和生命科学应用主题相继实现。到2038年，将实现在室温下长时间保持量子相干性的新材料（◆），这将有助于提高所有应用程序的性能。

3. 德尔菲调查结果：重要程度和国际竞争力

图1显示了22个量子科技主题的重要程度与国际竞争力的关系。单自旋元件、量子传感器和量子中继技术（1000公里以上）在重要程度和国际竞争力评价较高。量子态的“叠加”和“纠缠”器件每个主题的重要程度不同，其国际竞争力相对较低。量子计算机模拟器等量子信息处理相关领域的国际竞争力较低，近年来备受关注的量子模拟器和混合量子计算机在重要程度评价上尤为突出。量子通信与密码相关的主题重要程度较高。量子传感器（相干性超过10ms）的重要程度较高且具有较高的国际竞争力，与量子传感相关的其他主题，如生物和医疗应用的主题重要程度相对偏低，国际竞争力不高。

④ 日本科研人员用光学器件构成的量子退火机。

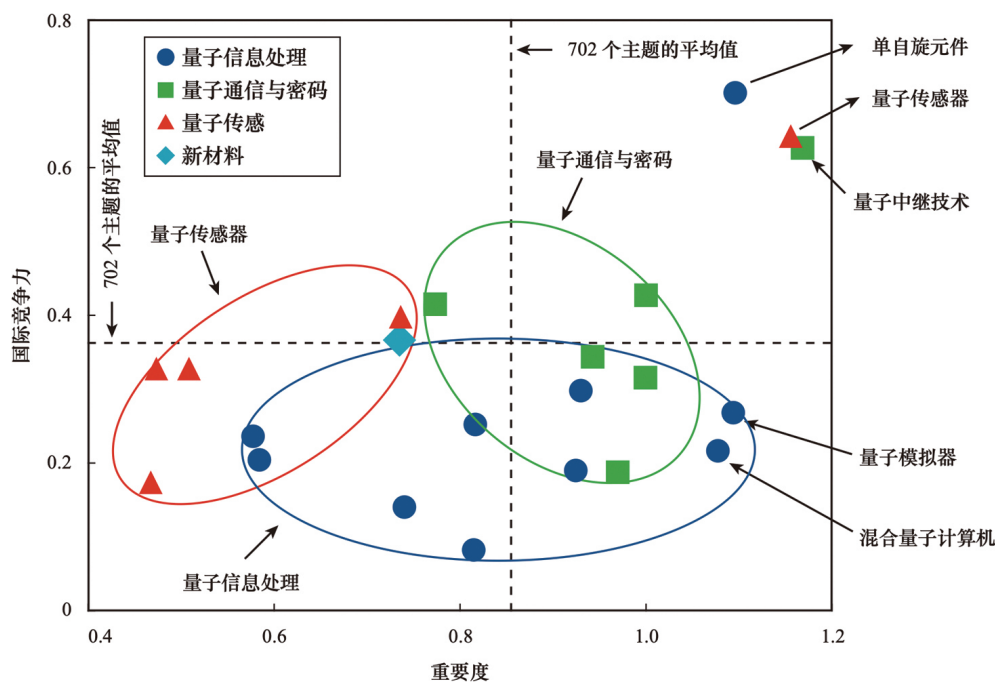


图1 量子科技主题的重要度与国际竞争力的关系

注：根据德尔菲调查结果的数据制作，数据来源：NISTEP。

4. 德尔菲调查结果：促进科技和社会实现的政策措施

图2显示了量子科技主题中必要政策选择的百分比。60% ~ 70%的受访者认为“人力资源”是促进科技和社会实现最重要的政策，超过50%的受访者认为需要对“研发资金”和“项目补助”，“基础设施”和“商业环境”等进行持续的政策支持。在量子信息处理领域，“人力资源”政策是呼声最高的。总体而言，量子通信与密码的政策需求相对较高，尤其是法律法规和社会问题（ELSI）方面的需求是其他领域的两倍。

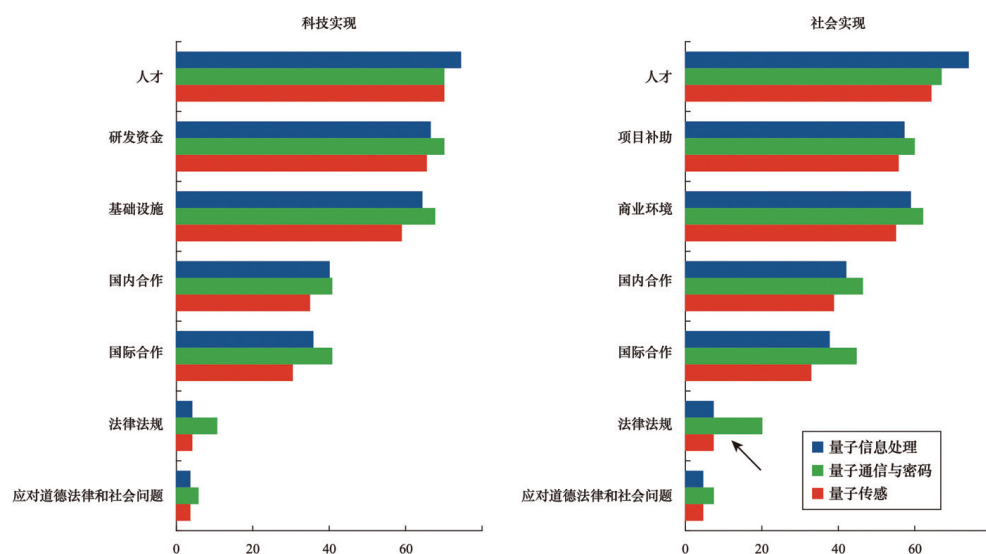


图 2 量子科技主题中必要政策选择的百分比 (%)

数据来源：NISTEP。

在实现量子科技的政策措施中，无论是科技实现还是社会实现，“人力资源”“研发经费”和“项目补助”的选择比例较高。表 3 和表 4 是选择比例较高的科技主题。

在人力资源方面，科技实现中量子传感器的选择比例最高。量子传感器、材料特性计算方法和门控量子计算机等在科技和社会实现方面占比较高（表 3）。研发经费和项目补助方面，量子通信与密码、量子传感器、单自旋器件和门控量子计算机等相关主题选择比例较多。另外，在社会实现中，量子通信、量子中继技术、量子传感器和混合计算机相关主题的选择比例较高（表 4）。

表3 人力资源选择比例较高的科技主题

项目	选择比例 (%)	分类	科技主题
科技实现	78	▲	量子传感器（例如超导量子 and 氮空位中心）相干时间超过10毫秒
	74	●	使用量子计算机计算材料特性的方法
	73	●	由传统计算机、量子退火机和门控量子计算机组成的混合系统，可将药物研发、投资和财务决策的效率提升三个数量级
	73	■	量子中继技术可实现维持1000公里量子状态的量子密码通信
	72	●	与经典量子计算机相比，利用门控计算机特性的算法可以减少10个数量级以上的运算次数
社会实现	76	●	通过改进目前的量子门实现方法（如核磁共振和超导性）的可扩展性来维持数百位相干性的门控量子计算机
	72	●	使用量子计算机计算材料特性的方法
	72	●	研发通用量子计算机难度较大，使研发难度相对较低的量子退火机成为可能
	71	▲	量子传感器（例如超导量子 and 氮空位中心）相干时间超过10毫秒
	70	●	由传统计算机、量子退火机和门控量子计算机组成的混合系统，可将药物研发、投资和财务决策的效率提升三个数量级

注：● 量子信息处理、■ 量子通信与密码、▲ 量子传感，根据调查报告整理，来源为NISTEP，表4同。

表4 研发经费和项目补助选择比例较高的科技主题

项目	选择比例 (%)	分类	科技主题
科技实现	73	■	随着量子信息通信技术的发展，信息通信技术的安全基础已经从现有的密码技术转向量子技术的新安全框架
	71	▲	量子传感器（例如超导量子 and 氮空位中心）相干时间超过10毫秒
	70	●	以单旋为信息载体的信息器件，同时具备CMOS器件无法实现的高速度和低功耗
	69	●	通过改进目前的量子门实现方法（如核磁共振和超导性）的可扩展性来维持数百位相干性的门控量子计算机
	69	■	使用量子密码学创新安全的量子通信技术
社会实现	62	■	量子中继技术可实现维持1000公里量子状态的量子密码通信
	61	▲	量子传感器（例如超导量子 and 氮空位中心）相干时间超过10毫秒
	60	●	手掌大小的量子计算机加速器，可集成到现有计算机中
	58	●	由传统计算机、量子退火机和门控量子计算机组成的混合系统，可将药物研发、投资和财务决策的效率提升三个数量级
	57	■	量子通信技术可实现量子计算机之间的量子互联

五、总结

量子计算机有望迅速处理大量信息,提供更强的计算能力,无论是公共部门还是私营部门,大规模的量子计算机研发投入

正在全球范围内迅速扩大。根据日本科技政策研究所实施的德尔菲调查结果显示，日本预计在 2035 年建成国家首台门控量子计算机，对社会和经济产生重要影响。量子神经网络有望在 2040 年成为量子信息技术的发展热点。

从调查结果来看，日本致力于推动单自旋器件、量子传感器和量子中继技术的发展，这些技术在重要程度和国际竞争力方面都得到了高度评价。目前，世界各国都在抓紧研发量子模拟器、混合计算机、量子密码和量子通信技术，对于这些技术，日本虽然目前国际竞争力不高，但各界专家认为这些技术重要程度最高。在量子传感方面，新型量子传感器件的重要性得到了高度认可，但对量子传感器重要程度的评价不高，并且处于基础研究水平。日本将不断的努力推进量子传感基础研究，该研究未来可能会在健康和医疗领域得到广泛的应用。

量子科技具有与传统固态半导体和光学器件截然不同的特性。在提高基础性能方面，基础科学将比以往更加重要。但材料和工艺技术半导体和光器件中的应用将是器件安装的关键。迄今为止日本积累的技术将成为其优势。虽然这些技术在投入实际应用之前，还有很多亟需解决的问题，想要提高量子态的相干时间和可控性，还需要进行量子态相关硬件（材料和器件）、系统化（集成等）、软件（算法等）以及基础科学（量子信息和量子生命等）的研发。全面推进科技进步对于日本实现“社会 5.0”和建设健康长寿社会有重要价值。

（作者：王达 苗晶良）

文章来源

王达, 苗晶良. 日本量子科技的最新趋势和未来展望——基于第 11 次技术预见调查结果的分析 [J]. 今日科苑, 2020(11): 78-88.



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员: 张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话: 68788193

创新研究报告

第 15 期（总第 443 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 3 月 15 日

科学支撑未来决策： 英国技术预见的经验与启示

〔按〕随着科技的不断发展，科学要素在决策过程中发挥着越来越重要的作用，不但影响着当下政策的制定，也塑造着未来政策的走向。为了更好地应对未来的挑战，许多国家施行了技术预见计划，20 世纪 70 年代，日本成为第一个进行技术预见的国家，并带动了 20 世纪 90 年代欧洲的技术预见热潮。在诸多开展技术预见的国家中，英国是全面实施技术预见的代表性国家之一，创新研究的兴起、科学对于经济发展的推动、识别新兴通用技术方法论的产生是英国开展技术预见的主要动因，从 1994 年至今，英国开展了三轮技术预见，英国技术预见的经验可以在高层管理、方法多元、过程公开和成果推广等方面为我国提供借鉴。

全国性的技术预见是一种重要的技术政策工具，用以思考并塑造社会的未来。技术预见是“对科学、技术、经济和社会

的长期未来进行系统性的探索，目的是确定可能产生最大经济与社会效益的战略研究领域和新兴通用技术”。从世界范围来看，当前的技术预见活动不仅限于关注单个的科学问题，还关注科学发展的跨学科合作以及更广泛的社会效能。因而，技术预见成果不但影响了国家政策的形成，而且对国际议题的产生发挥了引导作用。

欧洲国家在 20 世纪 90 年代掀起了学习日本、开展技术预见的热潮，试图通过宏观调控资源发展科技。英国于 1994 年正式开展第一轮技术预见，经过二十多年的发展，成为了全面实施技术预见的代表性国家之一，有效地支撑了国家政策的制定。本文从历史演变、现状、未来趋势三个方面，对英国技术预见进行深入的探讨，并总结值得我国借鉴的经验。

一、英国开展技术预见的动因

1. 理论基础：创新研究的兴起

英国技术预见的早期起源可以追溯到 20 世纪 60 年代，当时英国经济发展缓慢，被认为存在缺乏创新，很多人将此归咎于工会的保守以及企业家精神缺乏。为了解决这个问题，英国高校成立了许多创新研究中心，著名的有成立于 1966 年的苏赛克斯大学科技政策研究中心（SPRU）和成立于 1977 年的曼彻斯特大学工程、科学与技术政策研究中心（PREST，后更名为创新研究所）。创新研究者们为英国技术预见的开展奠定了理论基础，指出了长期存在于英国国家创新系统中的不足——即科研与产业严重脱节：公共研究优先事项的制定过程没有获得全面的信息，并且与产业界联系不充分；企业未能有效利用政府资助的科学研究成果，也没有认识到创新的重要性，企业 R&D 投入水平也远低于英国的竞争国家（制药业等行业属于例外）；

相比于美国在军转民方面的成功，英国的军事 R&D 虽然是重要的研究动力，但是鲜有军用成果转化为民用。不过，由于传统社会研究者更关注社会、教育而不是科技对于经济的推动作用，创新研究在较长时间处于英国主流社会研究和政治思想的边缘，这些思想没有得到政府的充分重视，直到 20 世纪 80 年代才有所改观。

2. 社会背景：科学对于经济发展的推动

1979 年，撒切尔夫人执政后，十分关注英国的经济发展，极力恢复英国的经济实力，着力将科学优势转化为经济优势。为此，撒切尔夫人领导的保守党政府对科技政策进行了一系列重大调整，包括减少国防研发经费，增加民用研发经费，调整科技发展的优先次序，加强工业界与学术界的联系，促进工业界对研发的投资等。研发投入的增加，必然迫使决策者在相互竞争的需求之间做出选择，那么选择那些最有可能产生最大经济效益的项目进行资助就成为了必然。

同时，革命性新兴技术——信息技术（IT）的出现，使得创新受到广泛关注。美国在信息技术上取得的成就、日本对于信息技术发展的勃勃雄心，使得欧洲国家开始思考如何把握新兴技术的发展机会，实现技术上的跃迁，避免落于人后。英国实施了多个信息技术计划，其中，开始于 1983 年的阿尔维计划（Alvey Programme）是英国有史以来 R&D 投入最大的计划，该计划历时 5 年、耗资高达 3.5 亿英镑。这些信息技术计划也推动评估研究的发展，旨在评价计划在多大程度上实现了预定目标、有哪些长期影响、未来的计划应该如何选择研究优先项。

3. 方法准备：识别新兴通用技术方法论的产生

1983 年，苏塞克斯科技政策研究中心的本·马丁（Ben

Martin) 和约翰·艾文 (John Irvine) 为英国政府开展了一项研究, 全面分析了政府部门、研究资助机构、大型科学公司和技术咨询机构为展望科学的未来、确定长期研究重点而采用的方法, 在国际经验研究方面, 重点关注了法国、德国、美国和日本的进展。

1992 年, 英国政府组建了一支由苏赛克斯大学科技政策研究中心 (SPRU)、曼彻斯特大学工程、科学与技术政策研究中心 (PREST)、咨询机构 (P.A.Consulting)、德国弗朗霍夫系统技术和创新研究所 (ISI, the Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research) 组成的工作小组, 共同开发确定英国科研优先事项的方法。研究建议联合采用专家组、德尔菲以及排序流程的方法来识别新兴通用技术, 这项识别“关键技术”的方法在 1992 年底得到了试验, 并为预见计划的正式开展准备了条件。同年, 苏塞克斯科技政策研究中心的本·马丁 (Ben Martin) 又为内阁办公室开展预见计划经验分析的研究, 该研究考察了英国技术预见的基本情况, 并追踪了德国、美国、荷兰、澳大利亚、新西兰的最新方法, 并为英国开展国家层面的技术预见活动提供了建议。内阁中的部长们大多支持这些建议, 至此, 对英国科技政策进行改革获得了正确的时机, 英国实行全国性的技术预见具备了充分的条件。

二、英国技术预见的最初设定

1992 年大选之后, 保守党新首相梅杰在白厅内采取了一系列新措施, 来提高政府科学技术政策制定的质量。卡斯特郡大臣沃尔德格雷夫 (William Waldergrave) 被任命为科学部长, 全面负责科学技术政策。内阁还成立了科学与技术办公室 (OST), 该办公室融合了教育与科学部、内阁办公室的功能, 负责管理

和协调有关科学、工程和技术方面的事务。

沃尔德格雷夫上任科学部长所做的第一件重要的事情是宣布将于1993年上半年发表科学技术政策白皮书，全面回顾自1970年以来的英国科学技术政策，以便充分利用英国的科学技术资源。

为了制定科学技术政策白皮书，英国政府进行了广泛的咨询，来自科学与工程界、产业界、研究资助者、商业组织等都参与其中。在科学部长的邀请下，有800个组织提交了回复报告。科学与技术办公室也组织了一系列研究，研究报告在白皮书发布之前或者在白皮书发布时同时发布。科学与技术基金会、议会科学委员会组织了多次会议来推动咨询过程。

1993年4月，英国政府发布了《实现我们的潜能：科学、工程和技术战略》白皮书。这是自20世纪70年代早期的罗斯柴尔德报告^①和丹顿报告^②以来，英国政府对既定科技政策和组织的第一次全面审查。白皮书制定了政府在科学、工程和技术方面相关政策，其主要目标是：①打破阻碍人们接受和承认科学、工程和技术及其开发对国家未来重要性的壁垒；②通过在科学与产业、商业界之间建立更为密切和系统的联系，将科学与工程优势转化为财富；③调整研究委员会和政府研究机构的任务、结构和管理职能，使得英国能够更好地应对当前的全球挑战；④促使英国公众更好地理解 and 欣赏科学、工程与技术。

① 注：发布于1972年的罗斯柴尔德报告，是英国重要的科技政策声明，提出了顾客—合同制原则，即政府可以作为客户购买科研机构的研究产品。

② 注：发布于1971年的丹顿报告，考察了英国研究委员会的运行情况，认为科研经费应该由多个研究委员会进行管理，这个原则指导了70年代后的英国研究政策。

《实现我们的潜能》白皮书提出要实施技术预见计划，旨在识别关键的新兴技术和机会，并且增进科学、工业和政府之间的合作。政府设立一个指导小组来管理预见计划，政府首席科学顾问担任指导小组主席，指导小组成员来自产业界、科学与工程界、研究资助机构、政府部门，其中非政府工作人员在指导小组中占多数席位。指导小组的职能包括：①提名专家小组成员，由专家小组讨论给出需要进行预见评估的技术领域清单；②监督科学机会、潜在市场应用信息收集活动，这些活动由大量参与者完成，他们来自学术界、产业界、金融界、消费者研究领域和政府；③制定向专家和研究者咨询的流程，将研究结果转化为文字报告，使专家委员会能够识别其所在领域的重要技术，这些技术对于国家经济基础十分重要，做出这些判断的标准是：a、科研趋势与获得目前优秀科研组织成果的渠道或潜在渠道（科学推动）；b、新兴经济发展以及公司或组织将科研成果转化为市场机遇的能力（市场拉动）；④制定预见成果传播的流程，包括将联系网络拓展至区域、地方、甚至是行业层面，比如采取增加培训与企业委员会、地方企业与一站式服务站等联系机构的措施；⑤监督企业与学界正式交流的广度和深度，鼓励企业和大学之间进行双向调动、开展研究人员商业意识培训技术计划、合资共同完成项目等的合作；⑥指导技术预见的持续实施；⑦与科学与技术委员会进行联系，将公共领域的议程设置与决策方面的建议传递给政府。

《实现我们的潜能》白皮书指出预见计划的第一份报告在1994年底发布。预见计划的研究成果将由公司或组织视情况自行使用。对于政府来说，预见计划的成果对于科学与技术委员会来说是一个很好的参照，特别是科学与技术委员会在向研究

委员会、资助委员会和政府部门提供战略和研究计划建议的时候，能提供很好的证据支撑。

三、英国技术预见的发展

从总体上来看，英国技术预见有三个特征：预测未来长期发展的机会与选择；注重多主体参与和联系；政策导向，服务政策制定。到目前为止，英国经历了三轮技术预见，每个阶段都有自己的重点和特色，并不断发展完善，形成适合英国国情的技术预见方法。

1. 第一轮技术预见（1994—1999）：分领域进行技术预见

英国技术预见计划有两大目标：一是在科学界和产业界之间建立新的合作伙伴关系，以评估新兴市场机遇和技术趋势；二是支撑决策，以平衡与指导对于科技的资金投入。相较于其他国家，为了利用科学界与产业界的联结网络红利，英国技术预见更倾向于市场导向而不是技术驱动。英国第一轮技术预见设立了 15 个领域的专家小组，这些领域对于英国市场与技术发展具有重要意义，包括国防与航空航天、交通、材料、健康、生命科学、能源、饮食、农业、自然资源与环境、化工、制造、生产与商务流程、建筑、通信、信息技术和电子，还包括三个服务领域——金融服务、零售和分销、学习和休闲（涵盖教育技术和旅游等）。这一阶段采用的方法主要是德尔菲法，向 7000 名专家发放了问卷。

英国第一轮技术预见最终确定了 27 项优先发展的技术。1994 年至 1999 年期间，英国举办了 600 多场技术预见活动，期间形成并传递的专家小组建议达 13 万份。1995 年，15 个专家小组都发布了研究报告之后，英国政府将 3000 万英镑的资金投入“预见挑战奖金”计划（Foresight Challenge

Awards)，用以支持 24 个研究联盟的工作。1997 年，“预见挑战奖金”计划更名为“预见联结奖金”计划（Foresight LINK Awards），英国在该计划的投入高达 1.52 亿英镑。学术界和产业界对第一轮技术预见成果的反馈较为积极，多个研究委员会开始实施自己的预见研究，例如全国环境研究委员会（NERC, National Environment Research Council）开展了微型预见计划（MiniForesight），企业也开始投资预见计划识别的技术研发。

2. 第二轮技术预见（1999—2001）：主题式技术预见

1997 年，工党获得大选胜利，以布莱尔首相为领导的政府推崇“知识经济”的理念。1997—1998 年，英国政府对改进并规划新一轮的技术预见活动开展了大量的咨询。1999 年 4 月，英国开始了第二轮的技术预见，其目标是：① 在考虑 90 年代后期的社会条件的基础上，发挥前一轮技术预见的成功优势；② 第一轮技术预见时间较为紧迫，第二轮预见要提供更具有远见性、综合性更好的成果；③ 吸纳更多元的参与者，包括中小企业、政府和自组织的代表；④ 更加重视生活质量的问题（一些工党成员对所谓的强调创造财富持怀疑态度，社会包容性成为政府非常重视的议题）——这意味着从一开始就要审视社会问题，而不仅仅把社会问题当成次要因素或技术创新的障碍。

领域专家小组的方法被保留下来，不过由第一轮 15 个领域专家小组减少到 10 个，分别为：人造环境与交通，化工，国防、航空航天与系统学，能源与自然环境，金融服务，食物链和工业作物，医疗保健，信息、通信和媒体，海洋学，材料，零售和消费者服务。同时增加了人口老龄化、犯罪防治、制造业 2020 三个主题小组。主题小组的议题未来导向更为强烈，它

们的设置是为了弥补第一轮技术预见中领域小组间协调合作的不足，每个主题小组都被要求考量教育、技能培训、可持续发展等一般议题以及自己的研究成果对其他小组的影响。第二轮技术预见主要采用“知识池”（Knowledge Pool）的方法，“知识池”是技术预见重要的信息门户，能提供研究计划的一般信息、关于未来的设想和观点、预见研究小组的管理信息和工作记录。

表1 第一轮技术预见主要研究报告

年份	报告名称	发布机构
1995	《通过合作关系取得的进展》（Progress through partnership）	科学与技术办公室（OST）
1995	《技术预见计划领导小组报告——总结》（Report from the steering group of the technology foresight programme. Summary document）	科学与技术办公室（OST）
1995	《技术预见计划领导小组报告——第三卷（化学）》（Report from the steering group of the technology foresight programme. Vol. 3 Chemicals）	科学与技术办公室（OST）
1995	《技术预见计划领导小组报告——第四卷（健康与生命科学）》（Report from the steering group of the technology foresight programme. Vol. 4 Health and Life Sciences）	科学与技术办公室（OST）
1995	《技术预见计划领导小组报告——第十卷（材料）》（Report from the steering group of the technology foresight programme. Vol. 10 Materials）	科学与技术办公室（OST）

英国第二轮技术预见召开了许多会议，其研究覆盖了多种多样的议题，“知识池”网站提供的素材也被英国和国际的研究者广泛使用，在促进各方联系方面发挥了重要作用。但是由于预见计划项目研究议题宽泛，除了不能很好聚焦技术专题之外，也导致了研究报告的质量参差不齐，为了解决这一问题，时任政府首席科学顾问的大卫·金（David King）对过往技术预见活动进行评估，并在2002年引入新一轮的技术预见，英国第二轮技术预见就此中断。

3. 第三轮技术预见（2002 至今）：滚动式项目的技术预见

2001 年，英国爆发口蹄疫，由政府首席科学顾问大卫·金领导的科学顾问小组成功控制了疫情的蔓延，首相布莱尔对科

学顾问小组采用模型预测疫情发展的做法十分满意，决定对英国科学咨询建议的产生机制进行改革，一项措施就是改革预见计划的运行情况。原先固定研究小组的做法，被滚动式的项目代替，每期预见计划包含 3 ~ 4 个项目，研究时间为两年左右。当项目选题被确定下来之后，利益相关者、高层决策人员、资助部门预算负责人会组成监督小组。有关部长担任监督小组主席，而政府首席科学顾问负责管理工作。

在担任政府预见计划主任期间，大卫·金于 2005 年领导预见计划小组建立了水平扫描中心，并且设计了一套水平扫描的流程，为政府解决长期问题提供建议。水平扫描也是一种预测未来的方法，主要是对信息进行系统的分析，发现潜在的威胁、风险、新议题和机会，并且能够将这些信息更好地用于决策。水平扫描中心的工作与预见计划是互补的，当预见计划需致力于高科技支持的尖端领域时，该中心则集中于国家政策中的小型项目的战略远景，除了在为政府制定未来战略与政策中起到重要的作用外，水平扫描中心还致力于提升政府所有部门对这些未来政策的执行力。英国各个政府部门都非常重视技术预见，许多部门都有自己的预见项目，诸如国防部、环境部、卫生部等部门都采用了水平扫描的方法。

目前，英国技术预见活动由政府科学办公室领导。政府科学办公室（Government Office for Science, GOS）的前身是成立于 1992 年的科学与技术办公室（OST），1995 年，为了更好地将科学成果应用于工业，英国政府将科学与技术办公室从内阁办公室移动到了贸工部，2009 年，随着英国多个部门的拆分与重组，科学技术办公室被纳入新成立的创新、大学与技术部，并更名为政府科学办公室。在多次变化中，科学办公室的为高

层决策提供咨询、开展跨部门协调的功能一直没有改变。政府科学办公室的主任由政府首席科学顾问担任，政府首席科学顾问的主要职责是为首相和内阁提供科学咨询建议，并且保障政府内科学咨询的质量。在技术预见中，政府首席科学顾问负责监督技术预见的全过程，协调和促进部门首席科学顾问之间的交流。

表2 近期英国技术预见项目的遴选标准和近期研究主题

项目	预见项目 (大型项目，周期为18-24个月，由政府科学办公室协调完成)	水平扫描项目 (小型项目，关注未来战略，由政府科学办公室与内阁办公室合作完成)
项目遴选标准	<p>预见项目以科学议题为主： 议题中科学和研究元素占有很大比例，这样科学可以在帮助我们理解或解决问题方面发挥作用 议题对现在或将来的决策具有重要意义 一个或多个部门会支持该项目 主题与英国相关 议题的未来性较强，无论是它与长期趋势相关，抑或是问题将如何发展存在不确定性^[32]</p>	<p>STEEP (Social, Technical, Economic, Environmental, Political) 原则，即社会、技术、经济、环境、政治原则，注重全面的政策影响</p>
近期研究主题	<p>公民数据系统 (2020)、人口老龄化 (2019)、交通运输 (2019)、海洋 (2018)、技能与终身学习 (2018)、技术与创新的未来 (2017)、未来城市 (2016) ^[33]</p>	<p>人工智能 (2016)、人口增长与新兴经济市场 (2014)、作为新兴技术的大数据 (2014)、资源国有化的影响 (2014)、青年人的社会态度变化 (2014) ^[34]</p>

四、结论与启示

英国开展技术预见有较为充分的基础和条件，既是响应社会需求和国际趋势，也在理论和方法上做好了准备。在技术预见正式实施前，英国政府进行了广泛咨询，就技术预见的设置和运行进行社会性的讨论，并出台政策，明确了技术预见的战略地位。从 1994 年开始第一轮技术预见活动至今，英国政府从高层协调和管理技术预见，非常注重技术预见多主体的参与和联系网络的构建，采用多元方法描绘未来场景，技术预见过程透明且研究成果公开发布。英国政府在实践中不断地对技术预见调整，包括选题、方法和与国家政策关系等方面的改进，形

成了适合英国国情的制度化技术预见，有效地支撑了英国政府的决策，并对英国未来的发展提供了指导。

英国技术预见的经验,对我国的技术预见活动有借鉴意义,建议:

第一，建立国家层面的技术预见管理机构。

可通过政策制定，明确技术预见的战略定位，并设立国家技术预见管理办公室，领导技术预见活动的开展，负责技术预见的宏观管理和协调。国家技术预见管理办公室设在我国即将组建的国家科学咨询委员会内，拥有向最高决策层汇报的渠道。国家技术预见管理办公室主任由国家科学咨询委员会领导担任，成员来自产业界、高校研究所、研究资助机构、政府部门，以非政府工作人员为主，规模为 10 人左右。

第二，重视技术预见方法上的创新。

在开展技术预见之前，做好技术预见方法的研究，借鉴最新理论成果，总结前期技术预见的经验，学习国际经验，以指导技术预见方法的制定，为技术预见的开展做足方法上的准备。正式开展技术预见活动时，结合技术预见的目标，采用多元的技术预见的方法，通过不同方法的优势互补，达到更好的效果。技术预见活动完成之后，对技术预见活动进行评估，找出方法上值得改进和改造的地方，逐步形成适合我国的技术预见方法论和技术路线。

第三，注重技术预见全过程的公开性，加强多方参与。

英国政府在技术预见过程采取开放和透明的方式，注重公开咨询，来自学术界、产业界、商业组织等的各方专家都参与其中，专家人数多达数千人，公众也能对技术预见过程进行监督，因而能够保障所有相关的证据都得到考虑，使专家和公众对技

术预见充满信心。相比之下，政府信息的公开在我国仍有不足，没有形成技术预见公开征询意见的惯例，公众参与和监督有待改进。

第四，促进技术预见成果的推广。

英国的技术预见是一项由政府高层协调的全国性活动，作为集体智慧和公共产品的研究成果也将使多方受益。其中，成果的推广就十分重要。在技术预见过程中，英国注重研究记录、报告、专著等形式研究成果的发布与公开，并积极推动研究成果的应用，使得政府部门、研究机构、企业、公众可以了解和利用最新的技术预见成果。另外，英国政府还开展技术预见的评估总结活动，比如，英国第一轮技术预见的专家小组报告发布后，科学与技术办公室又开展了名为“预见的后见之明”（Hindsight on Foresight）的评估调查，收集专家小组对于预见研究报告合理性的反馈，并对相关报告进行修正。通过公开、应用、评价、修正等环节，可以使技术预见成果得到完善和推广，发挥技术预见对于实际工作的指导作用，因此，建议加大我国技术预见成果的推广。

（作者：李思敏）

文章来源

李思敏. 科学支撑未来决策：英国技术预见的经验与启示 [J].
今日科苑, 2020(11):69-77.



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 16 期（总第 444 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 3 月 15 日

欧洲议会 STOA 开展技术预见研究分析及启示

〔按〕欧洲议会科学技术选择和评估委员会（Scientific and Technological Options Assessment, STOA）自 2014 年开展科学和技术预见工作，服务于欧洲议会，以帮助提高 MEPs 的决策能力和增强公众意识为目标，形成了一套系统的技术预见方法，其主要按照“选择主题—地平线扫描—社会影响的全景展示—探索性场景构建—立法回溯和推衍可能的技术路线—预见结果输出”的流程，已开展多项具有多学科特性的社会前言热点问题的预见研究。本文就 STOA 开展技术预见的目的意义、具体流程、研究特点进行全面解析，以期为我国的技术预见活动提供参考。

技术预见起源于技术预测，但它不是对未来科学技术发展的简单预测，而是尝试了解未来可能发生的事情以及如何实现这种探测未来尝试的研究，是一种能够主动帮助我们了解未来并且做好现在准备的方法。未来是不可预测的，但是可以通过

预见的方式最大可能地去了解科学和技术未来的发展趋势以及可能产生的影响，进而指导现在的决策者采取行动以使未来朝着最理想的状态发生。技术预见是一种机制，可以使决策制定更加集中，并帮助决策者更好地做出战略性选择。

当前，世界各国都在开展形式多样、不同层次的技术预见活动。欧洲作为近代科学的发源地，一直处在引领科学发展的前端。欧洲各国都积极开展技术预见活动及相关研究。德国于1992年与日本合作使用日本第五次技术预见的问卷和方法，实现了技术预见方面的首次国际合作。2007年以来，德国联邦教育与研究部采用周期性方法开始技术预见工作，分别于2007—2009年（Foresight Cycle I）、2012—2014年（Foresight Cycle II）开展了两轮技术预见活动，在德尔菲调查法的基础上运用情景分析、重点课题研究和专题研究相结合的模式，确定9大创新的萌芽，旨在寻找2030年之前德国将要面对的全球性社会挑战。英国第一轮技术预见于1994—1998年进行，在各领域小组预见报告的基础上，提出了未来10～20年27个科技优先发展领域和5个新兴领域。2010年，英国开展了“技术与创新未来项目”（Technology and Innovation Futures, TIF），旨在识别能促进英国未来20年可持续发展的技术及领域，并于2010、2012以及2017年分别发布了研究报告。其中2010年发布的《技术与创新未来：英国2030年的增长机会》，对英国面向2030年的技术发展进行了系统性预见。

欧洲议会科学技术选择和评估委员会（Scientific and Technological Options Assessment, STOA）是欧洲议会成员（Members of the European Parliament, MEPs），成立于1987年，其主要职能是开展科学和技术研究，为科学技术发展和相关政

策选择提供独立客观的意见，最终为欧洲议会制定决策提供科学依据。STOA 从 2014 年开始开展科学和技术预见工作，并作为今后的日常工作之一。本文就其开展的技术预见活动进行系统分析，以期为我国的技术预见活动提供参考。

一、STOA 开展技术预见研究的目的意义

STOA 开展技术预见的主要目的是为欧洲议会服务，即使用技术预见作为一种工具来预测新兴的科学技术创新可能会给全球社会各个层面带来的各种问题，旨在帮助欧洲议会能够及时、科学地制定相关政策。具体来说，旨在鼓励和支持欧洲议会成员：考虑科学技术创新可能带来的长远影响；了解实现公众期望的未来与现在采取的行动之间的相关性。在立法周期的议程设定和前期规划阶段，使立法决策与可能的、期望的未来愿景保持一致。基于此，STOA 对科学技术的未来发展趋势展开研究，以便提高人们对这种趋势可能产生的社会影响的认识，以帮助提高 MEPs 的决策能力和增强公众意识。

因此，STOA 开展的技术预见研究本质上是战略性的，重在评估实现未来一系列不确定影响的多种途径；同时分析科学和技术的发展趋势，以提供有关科学技术如何影响未来的见解。可以说，STOA 开展的技术预见是欧洲议会弥合社会与科技政策制定之间鸿沟的关键。

二、STOA 开展技术预见活动步骤详解

为了实现探测科学技术未来发展趋势及其可能产生的相关社会影响，服务于欧洲议会做出正确的立法决策，STOA 形成了一套目标明确、科学合理、可操作性强的技术预见方法。该方法自 2014 年开始制定以来，在开展具体的技术预见活动中不断完善，日臻成熟。

STOA 开展的技术预见活动主要分为六个步骤：选择主题、地平线扫描、社会影响的全景展示、探索性场景构建、立法回溯和推衍可能的技术路线、预见结果输出。图 1 展示了每步中参与主体、任务目标和阶段性产出成果。总而言之，STOA 通过关注新兴科学技术的长期影响，在充分考虑预期影响的基础上建立探索性方案，以应对未来可能的挑战和机遇，最后将这些挑战和机遇转化为当前政策决议以促进实现理想的未来。

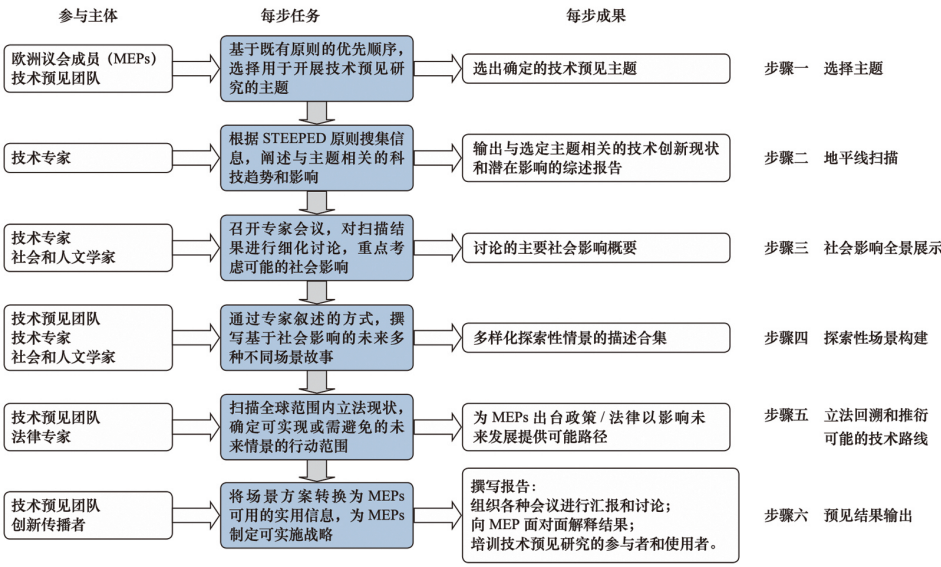


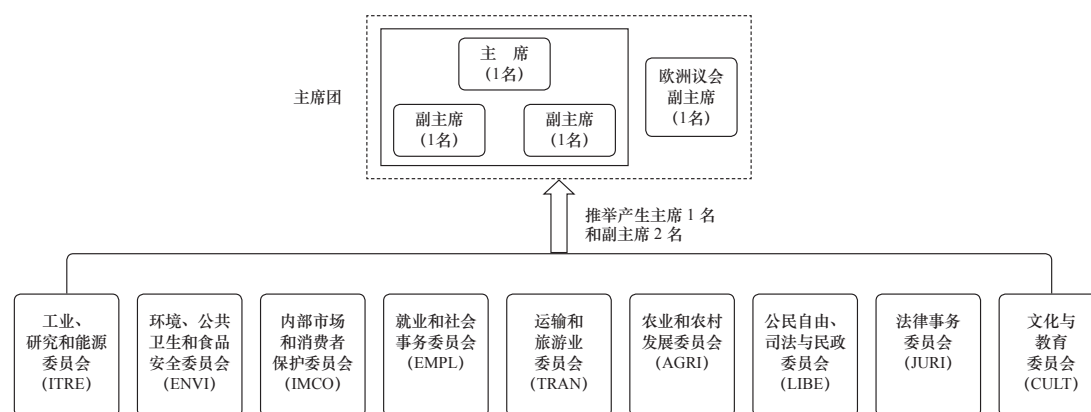
图 1 STOA 技术预见活动流程图

1. 选择主题

主题的选择对于技术预见活动的有效开展十分重要。首先，STOA 选择用于开展技术预见研究的主题必须是基于其优先领域，如生态高效运输和现代能源领域、自然资源的可持续管理领域、信息社会的潜力和挑战领域、生命科学中的健康和新技术领域、科学政策 / 传播与全球网络领域。这些优先领域首先是战略性的，并且具有多学科性质。其次，主题的选择必须具备广泛的包容性，以代表欧洲议会成员民主意愿和更广泛

的欧洲公众利益的方式来选择。基于此,STOA 技术预见选择的主题主要是具有创新性并且未开展过技术预见研究的与社会密切相关的新兴科学技术问题,重点关注这些新兴技术在未来 20 ~ 50 年间的发展趋势及可能带来的社会影响。值得注意的是,如果已开展技术预见研究的主题仍有研究的空间,也可以在现有研究的基础上进行深入拓展。

STOA 技术预见选择主题的方法主要依靠 STOA 专家委员会 (STOA Panel) 发挥作用。STOA 专家委员会构成如图 2 所示。首先由各个议会委员会和各个独立的欧洲议会成员根据日常工作的需要向 STOA 执行委员会提出开展技术预见研究的主题；然后，由 STOA 专家委员会根据 STOA 规则第 6 条对这些提案进行筛选，筛选的主要标准有：该主题与议会工作的相关性；提案涉及的科学技术价值的重要性；提案的战略重要性及其与 STOA 小组确定的优先事项的一致性；以及涵盖同一主题的科学证据的可用性。专家组根据实际情况，在对收到的议题进行判断、评估、修改、合并后选出适合开展技术预见研究的主题。



注：根据 STOA 官网信息整理。

图 2 STOA 专家委员会成员构成

根据 STOA 的优先领域和当前与社会发展密切相关的技术趋势，欧洲议会可能关注的技术预见的主题方向有：健康的可穿戴

戴技术、无人机 / 无人驾驶汽车、学习和教学技术的未来、3D 打印、脱离电网等。截至 2019 年底，STOA 已经开展的技术预见研究项目主要有三大领域，五个方向，分别属于自然资源的可持续管理领域、生命科学中的健康和新技术领域和科学政策 / 传播与全球网络领域（表 1）。

表1 STOA已开展的技术预见研究主题

所属领域	主题研究方向	持续时间	涉及的EP委员会
自然资源的 可持续管理	精准农业与欧洲农业的未来	2015.12.-2016.12.	AGRI, ENVI, ITRE, CULT
	增材制造：用于医疗康复和人体增强的3D打印技术	2016.10.-2018.05.	ITRE
生命科学中的 健康和新技术	协助残疾人融入社会， 教育和工作的辅助技术	2016.02.-2018.02.	EMPL, JURI, IMCO, ITRE, LIBE
	未来能否实现没有植物保护产品 （除草剂、杀菌剂和杀虫剂）的农业生产	2018.12.-2019.03.	AGRI, ENVI
科学政策/传播 与全球网络	“网络物理系统的伦理” （即机器人技术伦理学研究）	2015.12.-2016.07.	AGRI, EMPL, IMCO, ITRE, JURI, INTA, LIBE, TRAN

注：根据STOA每年发布的年度活动报告整理。

2. 地平线扫描

地平线扫描是关于给定主题的现状分析。专家组确定拟开展技术预见研究的主题，由于其本身的复杂性和争议性，在没有专业背景的情况下很难被充分理解，因此需要技术专家或者利益相关者参与对这些主题进行技术视野的全景扫描。在此步骤中，通过使用“STEEPED” 指导框架（社会 - 技术 - 经济 - 环境 - 政治 / 法律 - 道德 - 人口统计）来实现 360° 全方位视角扫描，从而确保以跨学科的观点来研究科学技术趋势的影响。

主题的全景扫描利用了大数据分析方法。首先，由技术专家对于选定的主题进行分析定义，识别每个主题内具有最高相关性的关键字 / 标签，通过专用的跟踪工具来完成主题的相关搜索查询。其次，将跟踪查询到的数据集（新闻 / 推特）进行

趋势主题算法分析，将数据源和各种文本文档根据它们的相似性输出最常出现的相关短语，确定趋势主题子集。其中，来自新闻文章的数据根据关键字列表划分主题，推特数据的趋势主题分析根据流行情绪类别和利益相关者类别进行特定子集划分。接下来，分析每个数据子集最频繁出现的短语或 n-gram（在原始文本标记化处理之后剩余的 n 个单词的连续序列），基于特定的规则进行短语提取；然后，根据频率和相关性选择短语，再根据主题相似性将其聚类。最后是交互式图表的可视化输出和提供上下文（推文，文本片段）的内容解析（图 3）。

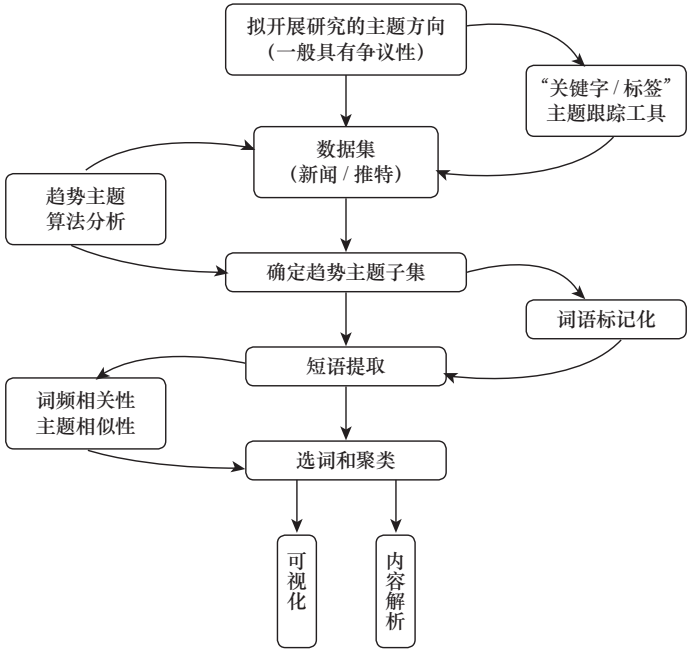


图 3 地平线扫描的数据分析过程图

3. 社会影响的全景展示

第三步为社会影响的全景展示，即通过召开专家构想会议，以整体和包容的视角确定特定科技创新的可能影响。用于解决某个特定社会问题的技术一旦融入社会，往往会被用于不同于最初设计的目的，并产生与最初设想不同的影响。因此，本步骤的另一个目的是挑战在第二步全景扫描中确定的关于未来的假设。

在此阶段召开的专家构想会议，技术专家将与社会问题专家一起对上一步地平线扫描的结果进行审查，根据 STEEPED 指导框架全面考察科学技术的现实情况，辩论可能的未来。人文和社会学家的参与将确保对社会影响的识别能够考虑到所有社会行为者的利益，并包括那些不容易衡量的“软影响”（例如，影响健康、环境和安全等）。表 2 列出了根据 STEEPED 原则构想的关于物联网在未来 20 ~ 50 年可能产生的潜在社会影响。

表2 影响描述清单

考虑要素	涵盖范围	示例：物联网在未来20-50年可能产生的影响
社会 (Social)	涉及社会和文化方面价值观念和生活方式的变化	借助智能手机和无所不在的Wifi连接，工作时间被不断延长；利用获得的空闲时间专注于个人关系和个人成长
技术 (Technological)	包括技术的发展方向以及技术装备使用的多样化	物联网技术将继续呈指数级发展，尤其是在可以集成到普通设备中的纳米传感器方面。物联网设备需要IP地址，但是目前我们使用的IPv4地址空间有限，因此未来将需要迁移到例如IPv6，IPv10
经济 (Economic)	涉及生产要素、生产系统、不同的分销和贸易体系、商品和服务的消费等	物联网设备生成的数据将用于商业用途，开辟新形式的“商业销售”模式，并使新形式的“定制销售”成为可能；3D打印技术将使个人定制更加方便快捷，可能会通过分散产品生产来破坏现有的经济模型
环境 (Environmental)	人类生存与地球生物物理环境之间的相互影响，包括自然资源的可用性	物联网提供了监视和控制环境条件的应用程序，如智能房屋将在管理我们的日常能源和水消耗方面提供更大的灵活性。但是，我们是否会为了环境可持续性而使用新兴的物联网工具？鉴于当前社会公众环保意识的欠缺，该可能性不大。物联网设备的生产可能对环境和人类造成危害
政策/法律 (Political/legal)	描述了各种决策，立法体系或治理形式的发展或变化	有关使用大数据的立法很匮乏，如果想支持物联网的发展，必须从现在开始加强立法，处理大数据安全性、隐私和所有权问题。医疗保健系统是否会为每个人（无论贫富）提供昂贵的，基于物联网的新型健康监控系统？
道德伦理 (Ethical)	涵盖了个人对更广泛社会中所包含的各种价值的偏好	考虑到物联网中涉及的设备众多，数据保护和“智能家居用户”的隐私是一个紧迫的问题。可穿戴技术的应用将需要大量的数据收集和吸收，这既包括公众的隐私，也包括个人佩戴者的隐私，其数据可能会以非透明的方式自动上传到“云”中。那么，防止滥用私人数据是谁的责任？政府是否应该负责提高公众对其隐私问题和可能后果的认知素养？
人口统计 (Demographic)	人口方面涉及社会的各个方面，根据年龄、性别、宗教、出身、职业、教育、收入水平等参数，将社会视为一组不同的社会群体的集合	可穿戴技术的发展为患者所接受的医疗类型以及这种医疗的提供方式都具有巨大的潜力。但是，一些社会成员可能会穿着不舒服或者由于宗教原因不愿意接受，那么，可穿戴技术对他们有什么不利或有利的影响？女性潜在地不太可能积极参与可穿戴技术，是否会无意中为这种技术开发以男性为主的消费者基础？

4. 探索性场景构建

第三步专家构想会议的结果是形成一个未来社会影响的全

面概要，用于描述事件和趋势，了解这些事件和趋势如何影响未来的假设。第四步是探索性情景构建和评估，目的是开发几种探索性场景方案，探索各种可能的未来，提供多个可能的替代假设。

场景是关于未来多样性的故事。这些场景将以“讲故事”的形式编写，描述沿 STEEPED 维度可能产生的影响。这些场景方案是技术预见团队与专业的情景构建开发人员合作完成的。未来场景的构建可以通过多种不同的方法，如通过基于两个确定影响因素展开的对未来的演绎推论或诱导归纳。理想情况下，3 ~ 4 个场景基本可以涵盖描述已确定影响的不同未来场景。一旦场景清晰，就可以对其进行探索和评估。探索和评估专家组也应由多学科专家和多利益相关者构成，目的是探索特定条件下设想的未来世界的各种可能场景，并研究生活在这样一个世界中的感觉，发现机遇和挑战。专家组的介入会为一系列已确定的场景提供一个机会和挑战的清单。

5. 立法回溯和推衍可能的技术路线

技术预见工作能够帮助欧洲议会的委员会和成员在当前预判有利未来的决策中做出明智的决定，这将由立法回溯和推衍可能的技术路线过程来支持。该过程涉及将探索性方案与当前的社会 and 立法问题联系起来，并提出法律和道德思考。通过使用这种逆向思维，从可能的未来情况中倒推，可以确定将未来与现在联系起来的政策领域。

首先，技术预见团队会在法律专家的帮助下，进行政治视野的全球扫描，即分析欧洲和全球范围内不同决策和立法机构的议程和优先事项，提出法律和道德思考。其次，本步骤列出并描述了与今天考虑采取行动相关的可能的未来挑战和可能的

未来机会,为达到理想的情况或避免不良的情况画出几种途径,清楚地解释使用哪些假设来识别场景中描述的影响,为负责的欧洲议会议员的决策提供证据。在此过程中特别关注欧洲及世界在此领域的法律法规现状,从而帮助 MEPs 在决策周期的议程制定阶段更好地通过立法途径采取行动,以实现想要的未来。2015 年,STOA 应欧洲议会法律事务委员会(JURI)要求开展的“网络物理系统的伦理”(The ethics of cyber-physical systems)技术预见研究项目,其研究成果被多个议会委员会广泛使用,MEPs 更是基于此项研究向欧洲议会提交了关于机器人技术规则的立法提案。

6. 预见结果输出

STOA 开展的技术预见活动的重要目标是帮助提高 MEPs 的决策能力,为此专门增加了为 MEPs 解释预见活动结果“翻译”的过程,将技术预见结果转化为一种工具,欧洲议会议员可以通过该工具做出有关政策和立法的明智决定。除了在政治层面的后续行动之外,技术预见的研究成果还可以增强公众意识,激发公众关于如何更好地预测未来进行辩论。在此过程中,为了引起欧洲议会议员对预见结果的回应,除了撰写最终的研究报告,向 MEPs 面对面解释结果外,STOA 技术预见研究团队还定期向相关议会委员会和成员提供有关该研究的定期更新,组织各种会议和研讨会进行汇报和讨论,培训技术预见研究的参与者和使用者等。

三、STOA 技术预见活动特点总结

STOA 的科学技术预见活动基于其自身定位和服务对象,特点是将目标时期设定为未来 20 ~ 50 年的基础科学技术预见,优先选择来自欧洲议会商讨决议的事项(步骤一),注重考量

现在和未来潜在的社会影响（步骤二 / 三 / 四），为实现帮助欧洲议会委员会和议会成员提高决策能力的目标，专门设立了立法回溯的过程（步骤五），并且增加了“翻译”的过程（步骤六），以便欧洲议会成员可以更清晰的使用科学技术预见的结果。

1. 交叉学科新兴主题，引入多学科领域专家和多利益相关方共同参与

STOA 开展的技术预见研究主题多为交叉学科新兴主题，涉及的可能影响方方面面，具有显著复杂性特征。为了更加有意义地分析未来科学技术发展的可能后果，STOA 的预见过程注重引入来自不同学科的领域专家，并让社会和人文学家等利益相关者参与进来，使各种类型的人才通力合作，从各种各样的角度研究未来的趋势。

专家参与在技术预见过程中非常重要，涉及流程的各个环节。STOA 的技术预见过程使用社会科学家（哲学家以及专门从事科学和技术的社会学家等）与技术专家以及广泛的相关利益方讨论技术简报的结果，不同领域的专家以头脑风暴的形式从多种角度分析可能的影响（图 4），极大地缩小了政策制定者与科学技术趋势之间、公众关心的社会影响之间的差距，更加有利于辅助决策；同时也使社会和人文学家与科学技术专家之间的交流更加充分，对科学技术的社会影响理解更加深刻。

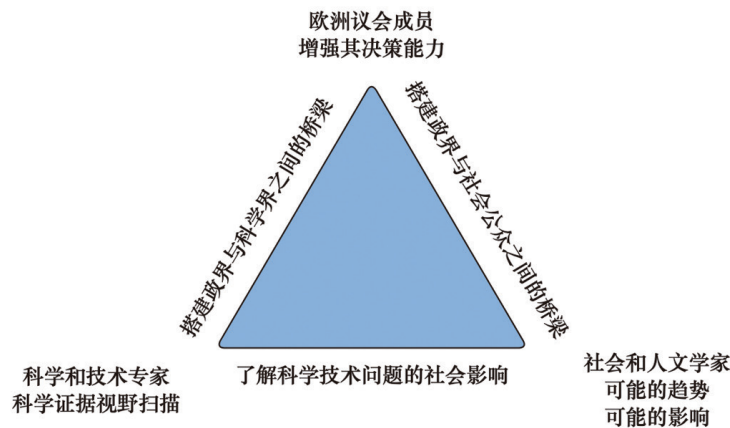


图 4 不同专家和利益相关者关系图

2. 全视角框架，充分挖掘新兴技术的现在和未来影响

STOA 的技术预见提出了一个涵盖社会、技术、经济、环境、政治 / 法律、道德和人口方面的“STEEPED”全视角框架，能够对整个方法论可能产生的影响采取整体观点。特别是步骤二的全景扫描和步骤三的社会影响发现，基于“STEEPED”的全视角框架包容性，从多角度对社会影响进行系统分析，确保不会忽略重要的社会因素。此外，还考虑意外影响和预期影响，以及“硬影响”（可衡量）和“软影响”（不是由技术直接引起）。

3. 将未来场景与当前决策相联系，以倒推形式为决策提供证据

为了使技术预见结果更好地为欧洲议会委员会和议会成员的决策特别是立法服务，STOA 的技术预见活动专设了立法回溯和技术路线推衍过程。在第四步构建的探索性场景基础上，由MEPs 识别哪些是想要的未来，然后由技术预见专家组为想要实现的未来或者想要避免的未来画出具体实施途径，清楚地解释使用哪些假设来识别场景中描述的影响，为MEPs 决策提供证据。在此过程中特别关注欧洲及世界在此领域的法律法规现状，从

而帮助 MEPs 在决策周期的议程制定阶段更好的通过立法途径采取行动，以实现想要的未来（图 5）。

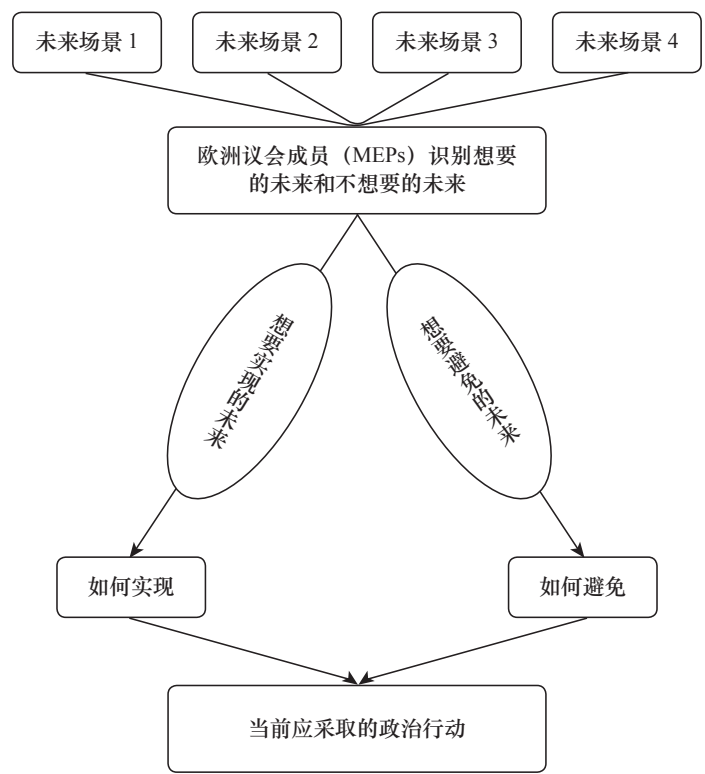


图 5 实现理想的场景（可选择）的倒推路线图

4. 产出结果形式多样，努力提高 MEPs 的决策能力和公众意识

该服务还旨在通过使用创新的交流形式，使决策者和社会更好地了解其行动的含义。STOA 开展的技术预见工作主要分为两个阶段，一是增强意识，通过定期的科学技术趋势发展报告和系列“假设分析”（What-if?）文章，提高对科学技术趋势可能产生影响的认识。二是帮助提高 MEPs 的决策能力，使其在充分了解未来可能发展趋势的基础上有能力做出趋福避祸的正确决策。因此通过立法回溯过程将为 MEPs 提供通往其期望未来的立法途径，并通过面对面翻译的过程为 MEPs 解释预见结果，从而进一步为决策提供依据，以便于在政治层面上采取后续行

动。此外,开展有关科学技术趋势的社会影响的宣传活动,如《科学趋势》出版物、组织相关讲座和研讨会等,通过多种形式传达有关各种趋势关注点和新观点的信息。

四、STOA 技术预见活动对我国的启示

自 20 世纪 90 年代至今,我国已经开展了各种形式的技术预见活动,在理论研究、预测方法、应用案例等方面取得了一定的进展。2016 年编制的《“十三五”国家科技创新规划》已经将政府组织开展的国家技术预见活动结果纳入其中;近年来科技部、中科院、中国科协等多家单位也纷纷组织新一轮技术预见活动,以期为即将进行的“十四五”规划贡献力量。可见技术预见已经对我国科技政策的制定产生重要影响。但是,与西方发达国家相比,我国的技术预见还处于初级阶段,在以下方面还有待加强和提升。

1. 在实践中审视技术的社会功能,加速技术预见价值理念的转变

当前我国开展技术预见活动的重点还处在发现技术阶段,关于技术对社会影响的思考不足。国家级层面的技术预见活动重在了解全球范围内技术发展态势和国内技术发展水平,在此基础上优化资源配置以实现科技强国,这是我国作为后发国家的基本国情决定的。比较而言,STOA 开展的技术预见研究的价值理念更加注重科技创新对社会的影响,通过定期的科学技术趋势发展报告和系列“假设分析”文章,提高决策者和公众对科学技术趋势可能产生影响的认识。鉴于此,我国利用技术预见形塑未来社会的主动性、能动性还未充分显现,无论是决策部门,还是技术预见相关研究者,都应逐渐重视在实践中审视技术的社会功能,加速技术预见价值理念从科技政策导向,向

社会发展导向甚至愿景使命导向的转变。

2. 技术专家和人文社科专家共同参与，组建强大的专家资源库

专家是技术预见活动中最重要的角色。因此建立科学合理、响应及时的专家资源库尤为重要。专家选择，不仅要涉及各个领域，也应该包含各个社会群体。STOA 的预见过程使用社会科学家（哲学家，专门从事科学和技术的社会学家等）与技术专家以及广泛的相关利益方共同讨论，不同领域的专家以头脑风暴的形式从多种角度分析可能的影响（图4）。而我国技术预见涉及的情景分析、愿景判断等过程基本以高等院校、科研院所中的科技专家为主，科技界以外的各行业专家、社会和人文学家参与较少，整体来说参与者范围不够广，社会化程度还不高，不利于弥合科技创新与社会影响之间的鸿沟，对我国实现更高水平的技术预见活动将是很大的限制。

3. 重视科技风险和科技伦理影响，探索以预见为手段的预警机制

科技是把双刃剑，用于解决某个特定社会问题的技术一旦融入社会，往往会被用于不同于最初设计目的，并产生与最初设想不同的影响。近年来随着人工智能、基因编辑、自动驾驶等新科技的发展，不仅推动了技术和产业变革，也对社会治理、人类安全等产生了重要影响和冲击。2019年1月21日，习近平总书记中央党校（国家行政学院）省部级主要领导干部坚持底线思维着力防范化解重大风险专题研讨班开班式上发表重要讲话时强调，要加快构建科技安全预警体系，加快新技术应用规则制定，从技术安全、产业安全、道德伦理安全、法律监管安全等方面全方位做好新技术应用风险防范，防止新技术滥

用和误用，才能更好地促进技术应用和产业发展，不断释放科技发展滚滚红利。

STOA 开展的技术预见活动更加注重技术创新对当前社会的全面影响（包括可衡量的“硬影响”和不可衡量的“软影响”），同时深入挖掘未来场景中潜在的社会影响，并通过立法回溯和推衍可能的技术路线过程将构建的场景与当前的社会和立法问题联系起来，通过使用这种逆向思维，从可能的未来情况中倒推现在应该采取的行动，并提出法律和道德思考，为可能采取的立法或制定新技术应用规则提供依据，为我们探索以预见为手段的科技风险预警机制提供了很好的研究思路。

（作者：曹学伟）

文章来源

曹学伟．欧洲议会 STOA 开展技术预见研究分析及启示 [J]．今日科苑，2020(11):60-68.



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 17 期（总第 445 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 3 月 15 日

基于复杂网络的产业核心技术识别预测研究 ——以能源产业为例

〔按〕立足情报研究视角，探索建立科学完整的科技文献信息挖掘及核心技术识别预测方法体系，揭示战略前沿领域的核心技术，明确核心技术的重点研发方向和潜在研发趋势。在界定核心技术概念及类型的基础上，利用文献知识聚类识别热点技术，通过 RAKE 算法抽取技术主要研究内容，以各项热点技术为节点构建复杂网络，通过节点二次聚类和可视化方法展现技术结构网络，采用结构洞理论分析网络和节点特性，从中遴选出关键技术；利用复杂网络链路预测算法，预测技术结构网络中的缺失边产生连接的可能性，判断现有热点技术未来的交叉融合，以此识别潜在新兴技术。以能源产业为例开展实践，对该领域的科技文献开展深入挖掘，揭示领域核心技术，初步验证了方法的可操作性和有效性。

习近平总书记在 2018 年两院院士大会上提出要以关键共性

技术、前沿引领技术、现代工程技术、颠覆性技术创新为突破口，努力实现关键核心技术自主可控。我国《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》明确指出要把战略性新兴产业摆在经济社会发展更加突出的位置，大力构建现代产业新体系，推动经济社会持续健康发展。

然而，在中美贸易摩擦加剧的背景下，我国由于技术发展不平衡而面临的一系列关键核心技术威胁日渐凸显，如高端光刻机、智能核心算法、锂电池隔膜、光伏逆变器等，已对我国经济发展、社会进步和人民福祉等各方面产生了前所未有的影响。在新一轮科技革命和产业变革的机遇下，清楚认识战略前沿领域的核心技术，明确核心技术的重点研发方向和潜在研发趋势，对我国前瞻性布局核心技术研发具有重要意义。鉴于此，本文旨在探索建立一套较为科学完整的科技文献信息挖掘及核心技术识别预测方法，结合机器学习、自然语言处理、复杂网络和文献计量等理论方法，深度挖掘科技文献大数据，识别典型产业领域核心技术并预测潜在研发趋势，揭示核心技术下的重点研发方向。

一、国内外研究现状

实现技术识别和预见的目标，遴选可能产生最大化经济效益和社会效益的关键技术，很大程度上取决于科学合理的理论和方法体系。随着政府、学术界和产业界的深度研究实践，核心技术识别和预见方法也在不断丰富和完善。目前，常见的技术识别和预见方法包括德尔菲法、多指标分析法、技术路线图法、模型分析法、文献计量法和机器学习法等，各类方法内涵、特性以及优劣势等如表 1 所示。

表1 各类技术识别预见方法的总结与对比

方法类别	德尔菲法	多指标分析法	技术路线图法	模型分析法	文献计量法	机器学习法
内涵	借助问卷调查或访谈的方式向领域专家进行多轮征询，以获得对技术发展前景较为科学和权威的判断	构建多指标的评估框架，通过计算排序或专业分析，识别核心技术	运用文字、图形和表格等形式描绘技术发展和变化趋势，从路线图中识别核心技术	按照一定的理论框架和准则，通过统计等方式构建相关模型，对核心技术进行评估和判断	基于科技文献数据，利用文献计量、文本挖掘和网络分析等手段从中挖掘潜在的核心技术	利用机器学习算法及模型从海量数据中挖掘、预测潜在的核心技术。其常用算法包括深度学习、神经网络、LDA主题模型等
类型	定性分析为主	定性和定量分析相结合	定性分析为主	定性分析为主	定量分析为主	定量分析为主
实施机构	政府及相关机构	政府及相关机构、学术界	政府及相关机构、产业界、学术界	学术界	学术界、产业界	学术界
优势	凝聚专家智慧，识别结果具有较强的科学性和权威性	多维度指标体系可以对技术进行全面评估，科学性和客观性较强	明确技术发展方向和实现目标所需条件，理清产品和技术之间的关系	借鉴经济学、运筹学和数学等学科的基础理论知识，形成相对完整的分析框架和准则，更加系统客观地识别核心技术	科技文献反映了技术的诞生阶段，适用于萌芽早期技术的预测和发现，数据易于获取，分析工具相对成熟	可处理全领域海量数据，发现数据中隐藏的特征和模式，预测技术未来的发展潜力与演变方向，分析结果更具广度和深度
不足	受专家主观认识影响较大，新技术、新想法出现的初期，难以形成专家共识，遗漏部分潜在的新兴技术	部分指标依然需要专家进行打分，对方法客观性造成一定影响	不利于识别和预见具有非连续性发展轨迹的技术	对研究者的专业素养和实践技能有着较高的要求，可操作性较差	分析方法的科学性有待进一步加强，且主要关注技术本身的研究内容和影响力，缺少对产品和市场的考量	对核心技术反映在客观数据上的特征定义和提取不明确，分析方法的科学性有待进一步加强
典型案例	日本科学技术预见 ^[2] 英国《技术与创新未来：英国2020年的增长机会》 ^[3]	中国工程院“引发产业变革的颠覆性技术内涵与遴选研究” ^[4]	Uchihira N“Future direction and roadmap of current system technology” ^[5]	Sood A“Demystifying Disruption: A New Model for Understanding and Predicting Disruptive Technologies” ^[6]	Joung J“Monitoring emerging technologies for technology planning using technical keyword based analysis from patent data” ^[7]	Lee C“Early identification of emerging technologies: A machine learning approach using multiple patent indicators” ^[8]

总结来看，德尔菲法、多指标分析法和模型分析法在开展技术识别预见时，都需要该领域专业人员的深度参与，侧重对技术的定性分析。文献计量法和机器学习法侧重定量分析，通过多源文本数据和显性分析过程实现技术识别预见的目的，具有识别操作过程成本低、可重复性强、识别结果可解释性强的特点。同时，也应注意到，文献计量法和机器学习法仍处于不

断研究和尝试的阶段，尚未形成统一、认可度较高的方法体系和框架。因此，本文从文本内容和关系出发，融合机器学习方法和复杂网络理论，构建一套较为科学合理且可复用推广的方法体系，为科技文献信息挖掘及核心技术识别提供一种新的问题解决思路。

二、研究方法和技术路线

本文在界定核心技术概念及类型的基础上，利用文献知识聚类识别热点技术，通过 RAKE 算法抽取技术主要内容，以各项热点技术为节点构建复杂网络，通过节点二次聚类和可视化方法展现技术结构网络，采用结构洞理论分析网络和节点特性，从中遴选出关键技术；利用复杂网络链路预测算法，预测技术结构网络中的缺失边产生连接的可能性，判断现有热点技术未来的交叉融合，以此识别潜在新兴技术。研究总体技术路线及方法如图 1 所示。

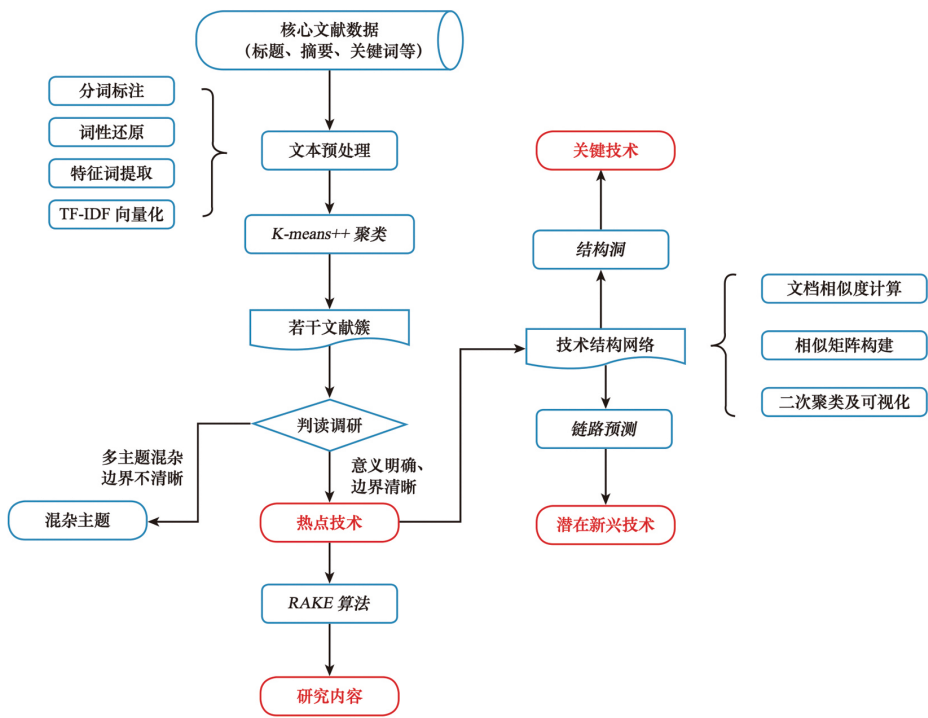


图 1 研究技术路线

1. 核心技术类型及概念界定

在文献调研基础上, 本文将核心技术定义为三类: ① 热点技术: 某学科领域内, 近年来受到科研人员广泛关注并已产出相应研究成果的主要研究方向和技术主题, 反映了学科领域的研发现状和技术结构全貌; ② 关键技术: 对学科领域内其他研究方向和技术主题产生广泛影响的, 其研究成果可供参考借鉴和分享使用的一类技术, 反映了学科领域的重要研发基础或技术交叉前沿, 是学科领域内的“思想源泉”或“集大成者”; ③ 潜在新兴技术: 某学科领域内, 未来由于学科交叉融汇而产生的新兴研究方向和技术主题, 反映了学科领域内具有重要研发前景、值得深入探索的技术交叉点。

2. 基于多维遴选策略的领域核心科技文献集构建

确定领域核心科技文献数据集是开展领域信息挖掘和核心技术识别的重要环节, 直接影响了分析结论的科学性和可信度。因此, 本文从数据新颖性、影响力、价值度等方面出发, 构建了领域核心科技文献的多维遴选策略。具体方法如下:

(1) 针对科学论文数据: 从论文发表时间、论文被引情况〔高被引论文 (Highly Cited Papers)^①、热点论文 (Hot Papers)^② 等〕、论文来源 (即出版期刊或会议的影响力^③) 等

① 高被引论文指过去 10 年所发表的论文中, 被引次数在同学科、同发表年度论文中排名前 1% 的论文。

② 热点论文指近 2 年内所发表的论文中, 近 2 个月的被引频次在同学科、同发表年度论文中排名前 0.1% 的论文。

③ 部分国内学会或高校会定期发布国内外高质量学术期刊和会议推荐目录, 该类目录通常由相关领域专家审议评定, 具有较高的权威性。例如, 中国计算机学会发布的《中国计算机学会推荐国际学术会议和期刊目录》。

角度对科学论文数据质量进行评估，确定待分析的数据集；

（2）针对技术专利数据：从专利优先权时间、专利布局情况（三方专利、五方专利等）、专利价值度（数据库商根据自身的评价体系对专利价值的打分）等角度对技术专利数据质量进行评估，确定待分析的数据集。

3. 基于多次聚类的领域技术结构及热点技术识别方法

热点技术代表了当前学科领域的主流研究方向，基本涵盖了该学科科研人员的主要研究关注点和着力点。相较 K-means 算法，K-means++ 算法在选取聚类质心方面做出了改进，使得聚类质心相互之间的距离最大化，使得各个聚类簇划分更加明显，优化聚类效果。针对遴选出的核心科技文献，基于文献语义关系，采用 K-means++ 文本聚类方法进行文献聚合，计算得到论文 / 专利文献类簇，进而通过二次聚类的方式形成由多个文献类簇组成的综合类簇。然后，结合领域技术人员的学科知识以及关键词自动抽取对文献类簇和综合类簇进行专业判读，识别领域内的热点技术，归纳梳理领域的整体技术结构。由此，建立由单篇文献、文献类簇、综合类簇到单一研究、热点技术、技术结构的分析映射关系。

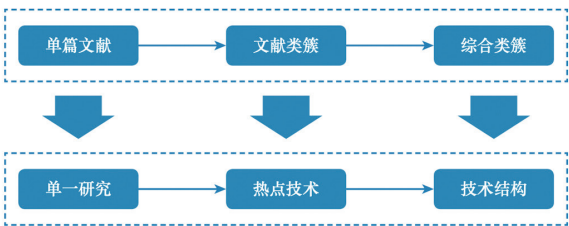


图2 热点技术、技术结构与科技文献的分析映射关系

4. 基于 RAKE 算法的热点技术研究内容抽取

热点技术的研究内容反映了当前学科领域的主要研究问题及方向，能够更全面、更详细地揭示热点技术的研发细节。

RAKE 算法的全称是 Rapid Automatic Keyword Extraction, 可以实现快速的文档关键词抽取, 且准确性较高。RAKE 算法首先使用标点符号 (如半角的句号、问号、感叹号、逗号等) 将一篇文档分成若干分句, 然后对于每一个分句, 使用停用词作为分隔符将分句分为若干短语, 这些短语作为最终提取出的关键词的候选词。此后, 以空格分割候选词形成单词, 利用候选词作为单元计算单词与其他所有单词的共现频次, 除以单词本身的词频, 作为该单词的得分。最后, 对于每个候选词, 将其中每个单词的得分累加, 并进行降序排序, RAKE 将候选词总数的前三分之一认为是抽取出的关键词。本文利用 RAKE 算法抽取每项热点技术对应文档的重要关键词, 以此作为每项热点技术的主要研究内容。

5. 基于结构洞理论的关键技术识别

关键技术反映了当前学科领域的研发基础或技术交叉前沿, 对该学科领域的发展起到了重要推进作用。结构洞理论于 1992 年提出, 表示非冗余的联系, 指在社会网络中的某个或某些个体和有些个体发生直接联系, 但与其他个体不发生直接联系的现象, 从网络整体看好像网络结构中出现了洞穴。Raider H J 的研究表明, 结构洞占据者的位置对信息控制、识别以及交易起着重要的作用。由此可知, 结构洞反映了节点对网络资源的控制能力, 占据结构洞的节点能够获取来自多方面的非重复性信息, 占据结构洞的研究方向更有可能是“思想源泉”或“集大成者”, 即领域关键技术, 可对学科领域内其他研究方向产生广泛影响。基于此, 本文以热点技术文献簇质心向量为节点, 以向量间相似性为连边依据, 以此构建复杂网络, 通过可视化和质心向量二次聚类的方法展现技术结构网络。基于结构洞理

论，计算网络中各节点的限制度指标，以此反映节点在网络中运用结构洞的能力，节点的限制度指标值越小，代表节点拥有的结构洞越多，运用结构洞的能力越强，以此识别领域的关键技术。限制度计算公式为：

$$C_{ij}=(P_{ij}+\sum_q P_{iq} P_{qj})^2 \quad \text{式 (1)}$$

其中，节点 q 是节点 i 和节点 j 的共同邻接点； P_{ij} 表示在节点 i 的所有邻接点中节点 j 所占的权重比例。则节点 i 的限制度为：

$$C_i=\sum_j C_{ij} \quad \text{式 (2)}$$

6. 基于复杂网络链路预测的潜在新兴技术识别

跨学科领域的交叉融合和集成创新已成为当代科学技术创新的鲜明特征，通过预测多个研究方向和技术主题产生交叉融合的可能性，将有助于识别潜在新兴技术。复杂网络中的链路预测是指如何通过已知的网络结构等信息预测网络中尚未产生连边的两个节点之间产生连接的可能性。基于此，本研究以上述构建的技术结构网络为基础，利用复杂网络链路预测方法，探测技术结构网络中尚未产生连接但未来可能产生较强连接的节点对，分析热点技术交叉融合促进科学技术创新形成的现象（即潜在的科学发现），以此识别潜在新兴技术。

具体的，本文选用链路预测中基于网络结构相似性的方法，该方法计算复杂度低、准确性好，并且网络的拓扑结构性质能够帮助选择合适的相似度指标。由于上述技术结构网络为加权无向网络，选择使用基于网络结构相似性的含权的 Adamic-Adar 指标（简称 AA 指标）计算产生连接的可能性，以综合考虑节点共同邻居数量及节点度对连接的影响，使链路预测结果更加准确。

三、能源产业核心技术识别预测实践

基于上述的研究方法和技术路线，本文以能源产业为例开展实践，对该领域的科技文献（仅包括论文数据）开展深入挖掘，揭示领域核心技术。

1. 热点技术分析

以 Web of Science 学科分类中“能源与燃料”（ENERGY&FUEL）领域为研究范围，选取该学科 2015 年～2020 年 5 月间的高被引论文（Highly Cited Papers）作为分析对象，共计获得 4223 篇论文，以论文的标题、摘要、关键词字段作为分析数据，进行文本预处理、向量化表示处理和 K-means++ 聚类，通过计算轮廓系数，确定聚类簇数量 $K=40$ 时，具有较好的聚类效果。本步骤共获取得到 40 个聚类簇，其中含 39 个有效类和 1 个混杂类，经解读，形成能源产业的热点技术。通过对上述 39 个聚类簇进行可视化和模块划分，又可以形成 7 个技术大类，如下图所示，每种颜色代表 1 个研究大类。

2. 关键技术分析

以能源产业热点技术分布图（图 3）为对象，计算网络中各节点的限制度指标并升序排列，取 Top10 的热点技术作为能源产业的关键技术（表 2）。

表2 能源产业关键技术与研究内容

序号	关键技术	限制度 (对数值-In)	技术研究内容
1	电池阴极材料	-2.155	高能锂离子电池阴极制造、石墨烯及其衍生材料、石墨烯/氧化铜纳米复合材料、富镍层状氧化物阴极、层状氧化物阴极材料、碳基二维储能材料、二维金属有机骨架、富锂锰正极材料
2	新型燃料电池技术	-2.153	阴离子交换膜电池、质子交换膜燃料电池、乙醇燃料电池、固体氧化物燃料电池、氢氧化物交换膜燃料电池、质子陶瓷燃料电池、直接液体燃料电池、微生物燃料电池
3	二氧化碳捕获和储存	-2.146	低温二氧化碳捕集技术、非水胺基吸收剂、氨基酸盐溶液、离子液体、多孔吸附剂、钙环吸附剂、含盐含水层CO ₂ 封存效率
4	氢的生产/储存/运输及其应用	-2.134	太阳能-地热联合制氢系统、浮式光伏发电制氢系统、化学链制氢、金属有机骨架型析氢催化剂、镁-石墨复合材料水解制氢、液态有机氢载体储氢、镁基复合材料、储氢用氨、金属氢化物固态储氢材料、氨硼烷、液态有机和无机化学氢化物氢运输燃料
5	电能存储系统与可再生能源	-2.126	可再生能源整合和转化、全球能源系统、配电系统储能调度、现代分布式发电系统中主机容量、可再生能源电池储氢混合系统优化、第四代分布式区域供热系统优化、电能存储技术、材料和系统：集中太阳能发电厂热能储存、填充床气液储能系统、太阳能热发电用固体气体热化学储能系统、抽水蓄能独立光伏发电系统、热电联产蓄能供热系统、混合电池超级电容器储能器、风力发电集成支持储能系统
6	热循环和回收技术	-2.122	有机朗肯循环、余热回收和储存技术、吸附换热储热新材料、太阳能冷热电联供系统、电热网联合分析、微冷热电联产系统、纳米流体换热系统
7	可再生能源的应用与发展	-2.119	家庭能源消费、城市能源消费、可再生能源投资决策、新能源系统转型、可再生能源系统管理与优化、欧盟可再生能源政策、英国能源系统模型、北欧低碳能源转型、美国能源转型、巴西光伏太阳能利用
8	石油采收和油水分离技术	-2.114	地热系统、稠油开采技术、油水分离技术、提高稠油采收率、纳米颗粒与低盐度水、聚合物表面活性剂、纳米颗粒稳定泡沫等
9	太阳能综合利用技术	-2.114	太阳能集热器的设计与效率提升、太阳能蒸汽发电薄膜技术、太阳能蒸馏器、纳米流体的光学性质和应用、太阳能驱动海水淡化技术、太阳能热电联产系统
10	生物质热解技术	-2.100	生物质热解反应动力学参数、生物质热解催化、木质纤维素生物质热解、生物质制氢热化学途径、生物质与废塑料共热解、微藻热解、水热液化制备生物原油、生物质水热碳化

3. 潜在新兴技术分析

针对能源产业热点技术分布网络（图3），利用链路预测方法，预测尚未产生连接或连接较弱，但未来可能产生连接的节点对。按照节点对产生连接可能性降序进行排列，取 Top10

的热点技术节点对作为未来可能产生交叉融汇的潜在新兴技术（表3）。

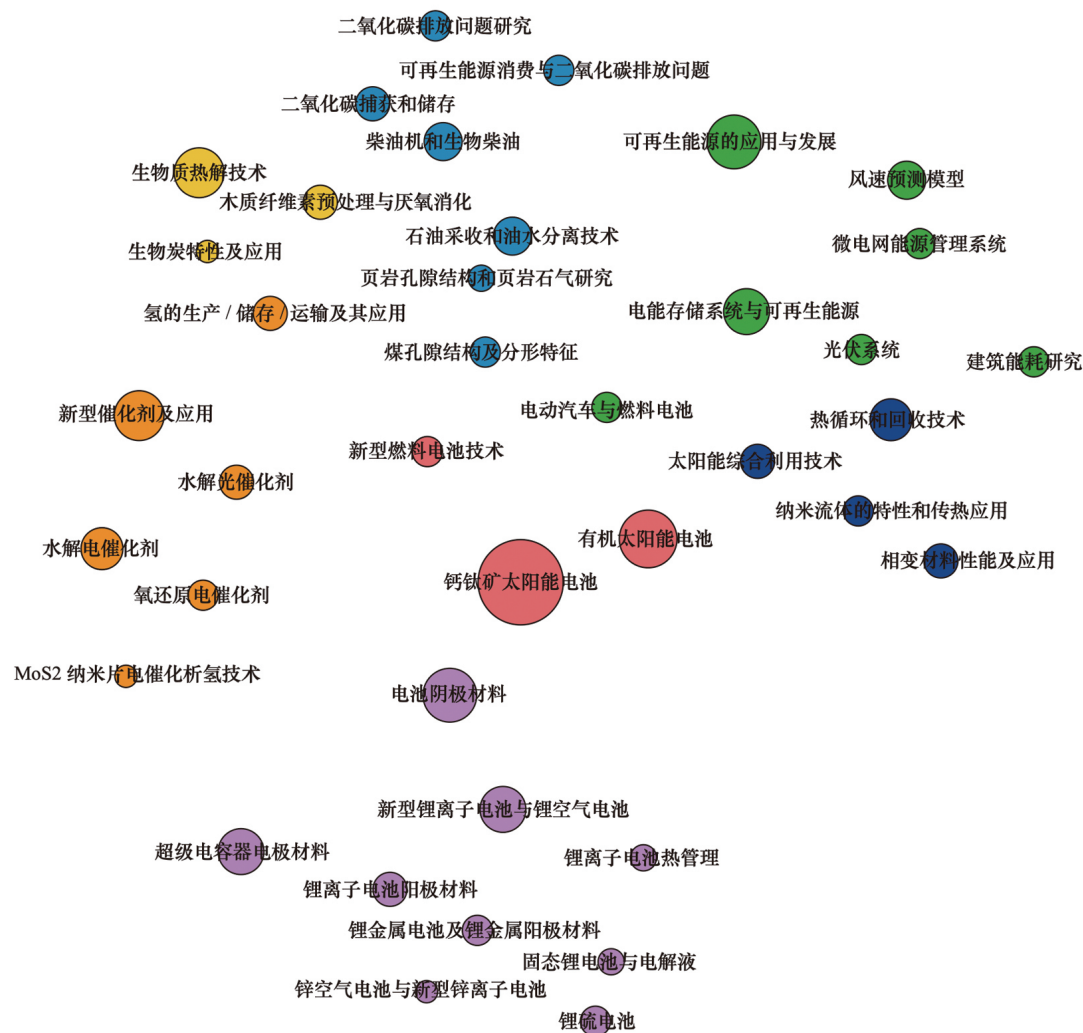


图3 能源产业热点技术分布图

注：图中每个节点代表一个聚类文献簇，即热点技术，节点大小代表聚类簇下文章数量多少，节点颜色代表该节点归属的技术大类，共7类。

表3 未来可能产生交叉融汇的潜在新兴技术

序号	潜在新兴技术		产生连接的可能性
1	石油采收和油水分离技术	煤孔隙结构及分形特征	0.1231
2	可再生能源的应用与发展	二氧化碳捕获和储存	0.0795
3	电能存储系统与可再生能源	二氧化碳排放问题研究	0.0740
4	页岩孔隙结构和页岩气研究	生物质热解技术	0.0611
5	氧还原电催化剂	氢的生产/储存/运输及其应用	0.0573
6	页岩孔隙结构和页岩气研究	二氧化碳捕获和储存	0.0560
7	水电催化剂	新型锂离子电池与锂空气电池	0.0544
8	新型燃料电池技术	太阳能综合利用技术	0.0537
9	页岩孔隙结构和页岩气研究	热循环和回收技术	0.0516
10	锂离子电池热管理	电能存储系统与可再生能源	0.0496

四、结语

近年来,随着“数据驱动”观念的深化,机器学习、大数据技术和复杂网络理论等的逐步普及为领域信息挖掘及核心技术识别预测带来了新的问题解决思路。本文立足情报研究视角开展方法探索和实践,以领域信息挖掘及核心技术识别为应用目的,以科技创新基本规律为理论基础,以文献知识聚类和技术结构复杂网络构建为分析主线,以文本聚类、结构洞理论和复杂网络链路预测为分析方法,进行热点技术、关键技术和潜在新兴技术的挖掘和识别,探索构建了一套较为科学合理且可复用推广的方法体系。在此基础上,对能源产业开展信息挖掘,识别该领域的热点技术、关键技术和潜在新兴技术,识别预测结果得到了领域课题组的认可,其中部分识别结果纳入到该领域课题组的技术备选清单中,并进入德尔菲调查环节,供专家遴选评估,对其技术预见工作起到了良好的支撑作用。

综上,基于文献知识,结合机器学习、自然语言处理、复杂网络等理论方法和分析技术,可实现对领域信息的深度挖掘,实现对领域热点技术、关键技术和潜在新兴技术的识别和发现,

研究方法体系化，研究过程定量化，研究结果具有较强科学性、合理性和可解释性。

需要指出的是，本文所提出的方法体系仍有一定的改进空间。首先，文本预处理过程中，词形还原的准确性有待进一步提高。其次，将结构洞理论与其它网络及客观度量指标相结合，多维度共同揭示关键技术。

面向未来的技术预见工作，上述方法体系可在如下方面进行持续深入的探索和完善。首先，技术识别精细化。本文方法体系可落脚到单篇文献层面，但科技文献中还有丰富的技术参数、技术实施细节、技术先进性评价等内容，对此类数据进行抽取和挖掘，将实现更加精细化的技术识别。其次，技术评价全面化。本文中主要通过结构洞和链路预测方法开展关键技术和潜在新兴技术的评价，未来可结合更多的科技发展、产业实践、财务金融、社交媒体等数据对技术进行全方位的评价，保障评价的全面化和合理性。最后，研究过程工具化。未来将逐步对研究方法、过程及源代码进行整合，形成领域信息挖掘和核心技术识别的成熟工具，降低定量化技术预见的操作门槛，保障科学性和合理性的同时，追求简单化和便捷化。

（作者：中国科协创新战略研究院课题组）



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 18 期（总第 446 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 3 月 15 日

生命健康领域前沿探测方法 和技术预见实践探索

〔按〕把人民生命健康放在优先发展战略地位，以科技创新引领卫生健康事业新发展，需要通过开展技术预见科学判断和前瞻把握生命健康领域的“卡脖子”问题、关键核心技术和未来发展趋势，回答生命健康科学技术如何促进经济社会发展和提升人民群众生活质量等一些科学问题。本研究旨在综合利用多源数据和计算机算法，探索性地构建基于数据挖掘的科技前沿探测方法模型和实施流程，识别出生命健康 9 个子领域计算机的 95 个前沿技术课题。同时组织开展德尔菲调查，依靠专家智慧，综合考量未来愿景、社会发展和民生需求，遴选出面向 2035 年的 11 项优先发展技术方向，为党和政府科学决策服务、为提高全民科学素质和推动创新驱动发展提供重要的战略支撑。

人民对美好生活的向往，最基本的需求就是生命健康。人

民的需要和呼唤，是科技进步和创新的时代声音。在抗击新冠疫情的实践中，用科技护航人民生命健康是战胜病毒的关键。2020年9月，习近平总书记在原有“坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求”的基础上，提出将“面向人民生命健康”作为科技事业发展的新方向，这必将推动生命健康相关科学研究迈上新台阶，带动生命健康产业进入快速发展阶段。

目前，我国在创新型国家行列中正处于从“并跑”“跟跑”朝着“领跑”前进的转折点时期，必须重视技术预见这一重要战略研究工具。技术预见是一种对科学技术与经济社会协同发展进行战略前瞻性研究的系统方法，用于对未来科技发展方向和重点领域进行选择 and 战略布局。生命科学和健康医疗技术被认为是新一轮科技创新最有可能的引爆点，美国、日本等世界主要科技强国均将生命健康领域纳入技术预见的研究范畴，通过制定科技政策使科技成果最大化作用于经济及社会发展。我国从20世纪90年代开始由国家计委和国家科委组织关键技术遴选活动，主要由政府部门、专业科技咨询组织和学术机构等三类主体开展面向不同需求的生命健康领域技术预见研究，例如，科技部2019年组织的第六次国家技术预测中包括生物、人口健康等17个领域。中国科学院的战略咨询机构在2015年启动“中国未来20年技术预见研究”项目，出版生命健康领域的技术预见报告。2019年，北京理工大学与爱思唯尔联合发布国内首份《医工交叉前沿报告》。2020年的新冠肺炎疫情全球公共卫生突发事件显示，要把人民健康放在优先发展战略地位，就要集中力量解决一批“卡脖子”问题和变革性技术关键科学问题，这为生命健康领域的技术预见提出了新任务和新挑战。

一、研究设计

1. 生命健康领域的界定和学科分类

本研究聚焦保护人类身心健康的基础科学，与疾病治疗相关的应用技术，以及药品、医疗器械、疫苗等产业市场的全创新链条。从学科角度，生命科学和健康科学是相似的，它们都专注于研究地球上不同的生物体。生命科学试图了解地球上所有生物体（如植物、动物和人类等）是如何生存的，它们各自的生命过程、行为和结构，以及不同生物体彼此之间及其与环境之间的关系。健康科学是生命科学的一个分支，它侧重于研究和理解人类和其他动物的功能，而对动物的研究目的是获取足够的信息和知识来帮助人类治疗和预防各种疾病。生命健康领域与生命科学和健康科学的层次关系如图 1 所示。

一个主题中的文献可能隶属于多个学科领域，计算所有主题文献的学科共现关系可以展示生命科学各子领域的学科交叉程度，如图 2 所示，圆圈的大小表示隶属于某学科分类的主题数量，并根据主题文献的学科相似性进行聚类，用颜色标记两个学科集群，学科节点间的线条粗细代表学科关联程度。可以发现，图中较大的红色圆圈代表医学和生物化学、基因和分子生物学处于生命健康领域的核心位置，并与免疫和微生物学，药理学、毒理学、药理学，生物医学工程，神经科学等子领域有更加紧密的关联，而与健康、护理、心理学等子领域的关联性相对较弱。

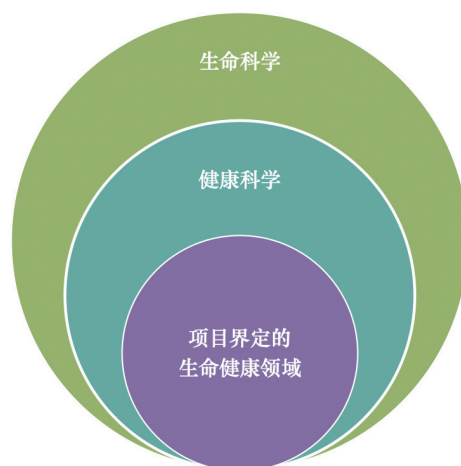


图1 生命健康领域的研究范围

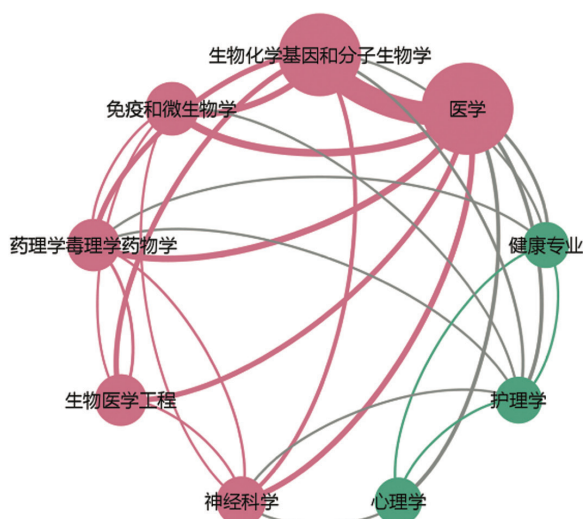


图2 生命健康领域学科关联图

2. 研究思路和实施过程

研究综合采用情景分析、数据挖掘和专家法来实现从愿景需求扫描、前沿技术探测到专家预见决策的过程，以确定优先技术领域和关键技术课题，研判生命健康领域的未来趋势和社会影响。具体流程包括7个步骤：①收集国内外生命健康领域的政策战略、科技基金等文献，尤其是深入分析《“健康中国2030”规划纲要》《“十三五”健康产业科技创新专项规划》和《“十三五”国家科技创新规划》，梳理我国生命健康领域

的主要技术需求表现；②结合我国经济社会发展趋势和挑战，从产业创新需求、经济社会发展需求，尤其是公众利益与需求（如医疗费用、疾病谱、老年化和伦理道德等）三个角度，对科学技术需求的重要程度和实现可能性进行分析；③基于海量文献、专利、互联网数据和政策文本，利用科学计量学、机器学习、文本分析技术实现自动化的技术前沿主题探测，并从新兴热点、社会关注、技术转化和跨学科研究等四个维度，分别遴选出初步技术主题，进入生命健康领域技术备选分析池；④梳理国内外权威咨询机构最新发布的战略报告以及相关的技术预见报告，详细分析日本第 11 次技术预见中健康 / 医疗 / 生命科学领域的 96 个主题，以及韩国第五次技术预见中医疗生命领域的 47 个技术主题，从中凝练重点关注的共性问题且未在前面的数据挖掘中发现的技术主题，作为补充进入生命健康领域技术备选分析池；⑤成立技术预见专家组，召开第一次专家研讨会，对备选技术主题进行审核修订、评估验证和多轮迭代；⑥实施德尔菲调查，分析德尔菲调查结果，对技术课题的实现可能性和重要性进行研判；⑦召开第二次专家研讨会，依靠领域专家智慧确定优先技术领域和重点技术课题，针对领域、子领域和关键技术主题课题发展给出意见和建议（图 3）。

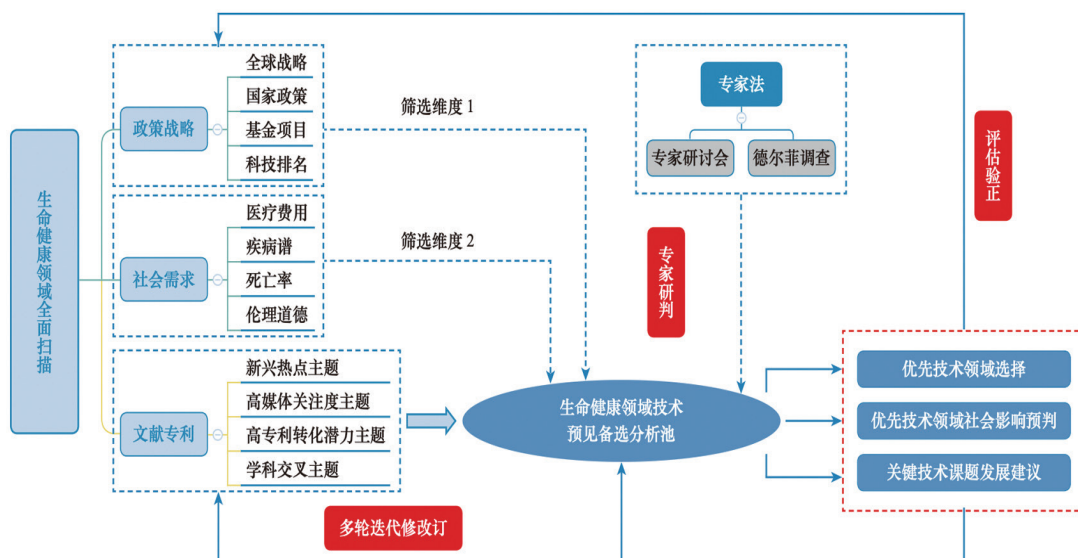


图3 项目研究思路和实施过程

3. 基于数据挖掘的前沿技术探测

如图4所示，生命健康领域技术主题的探测识别是类似于金字塔模型的数据筛选过程。首先，基于7500万条文献数据和10亿个引用链接，通过聚类算法和关键词自动抽取技术，将具有相同研究兴趣和知识基础组成的论文聚合，形成全学科领域上的9.6万个研究主题。每个研究主题计算显著性百分位数值，显著性指标越高，表示越来越多的研究者正在关注这个主题，说明这个主题的增长势头越猛；第二步，将生命健康领域映射到10个学科大类146个学科子类，显著性指数阈值设置为前1%，获得近1000个生命健康领域的热点研究主题；第三步，依据新兴热点、社会关注、技术转化潜力、学科交叉四个维度，计算指标特征值并进行排序，遴选出100个左右的技术前沿主题；最后，结合国家战略规划、竞争态势分析和日韩等国家的技术预见报告主题，去重补充后得到95个生命科学领域的技术主题，用于专家调查、研判和决策。

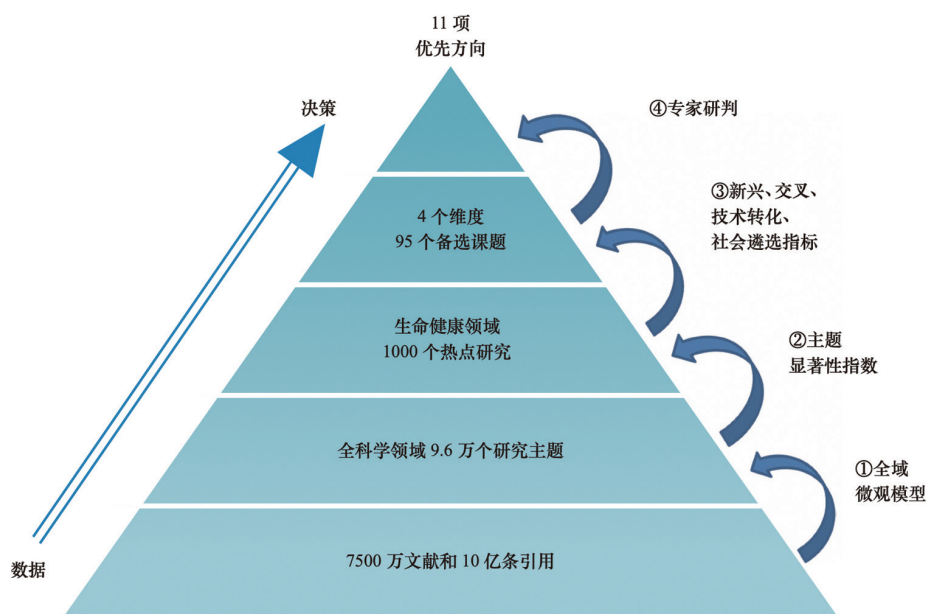


图 4 前沿技术探测的金字塔模型示意图

图 5 展示了前沿技术主题特征指标的四螺旋结构，四个特征维度上前沿主题可能存在相互交叉和重叠，例如，新出现或者增长迅速的新兴前沿主题也可能是社会公众高度关注的话题，显然，在 2 个甚至更多维度上都出现重叠区域也是研究中重点关注的课题。前沿主题计算遴选除采用论文文献指标和数据外，在计算社会关注度时引入社交媒体数据，即时反映公众需求和新闻媒体报道的焦点领域。在计算技术转化潜力时引入了专利引用数据和产学研合作指标，预测和评估基础科学与应用技术转化的程度。

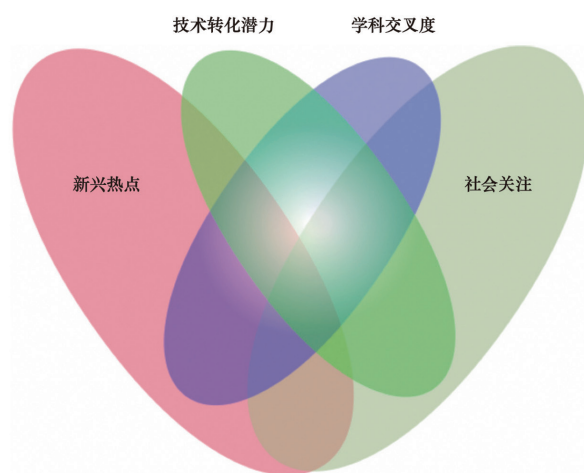


图5 前沿技术主题特征的四维螺旋图

4. 基于专家共识的德尔菲调查

德尔菲调查问卷设计坚持“全面、简洁、客观、可行、一致”的原则，主要通过在线调查方式获取专家对生命健康9个子领域95项备选技术课题进行五大判断，即：未来实现时间、实验室技术实现制约因素、技术推广应用和普及制约因素、未来技术的影响因素、未来技术的领先国家等。

被调查专家在很大程度上影响德尔菲调查结果，本次技术预见活动聘请国际宇航科学院院士、北京理工大学医工融合研究院副院长邓玉林教授为首席专家，采用“专家推荐制”和项目组稽核专业领域相结合来确定德尔菲调查专家库。被调查专家均为高级职称，来自高校、科研院所、企业、医院和政府部门等不同类型，以保证调查的权威性和全面性。

实施过程中，项目组共开展两轮德尔菲调查，结果表明，对技术课题“熟悉”和“一般”的专家分别占比41.45%和40.60%，合计占比80%以上，保证了德尔菲调查结果的专业性和可信度。参考中科院面向2035技术预见，结合专家情况，对“熟悉”“一般”和“不熟悉”的选项分别赋予权重4、2和1，

用加权回函专家人数取代实际回函专家人数，统计对某一问题的认同度，使判断更趋向于熟悉技术课题的专家判断。

为凝练专家共识，在德尔菲调查结果分析阶段，计算“技术课题未来实现时间”时采用中位数法，即将专家的预测结果在时间轴上按先后顺序排列，并将考虑专家熟悉程度的加权专家人数分为两等份，在中分值点的结果即为预测的“技术课题未来实现时间”。在进行技术课题制约因素分析和对未来影响的判断分析时，采用专家认同度来表征，即回函专家选某项的人数（考虑专家熟悉程度影响的加权人数）占回函专家总数（考虑专家熟悉程度影响的加权人数）的比例。

二、生命健康领域前沿技术课题和优先技术方向遴选

生命健康领域遴选出的 95 个备选前沿技术主题按照基础研究、技术开发和应用研究归类为 9 个子领域，即属于基础研究的脑科学、免疫和再生医学等子领域，属于技术开发的基因技术、生物材料检测、纳米医学和医学影像等子领域，属于应用研究的疾病预防、药物研发和健康管理等子领域。技术主题按子领域开展德尔菲调查，在调查基础上再通过专家研讨会进一步凝练整合筛选，最终提出 11 个优先技术方向。

1. 前沿技术课题

表 1 列出了四个维度上排名前十的前沿技术课题。可以看到，在新兴热点主题中，癌症免疫治疗相关主题出现较多，其中，“嵌合抗原受体 T 细胞（CAR-T 细胞）免疫疗法”是近十年来免疫医学的重大突破，同时也是高技术转化价值的前十主题之一，当前各大制药公司与创新型公司纷纷抢占 CAR-T 细胞治疗市场。此外，正念疗法作为一种有效的心理辅助治疗方式，被广泛应用于治疗和缓解焦虑、抑郁、强迫、冲动等情绪心理问题，

其疗效获得了从神经科学到临床心理方面的大量科学实证支持，相关主题的研究获得了美国国立卫生研究院等的大力支持。

高技术转化价值主题更多是关于基因技术的研究，其中“CRISPR/Cas9 基因工程的开发与应用”同时出现在新兴热点和高社会关注度的前沿主题前十行列，2020 年的诺贝尔化学奖被颁发给了基因编辑领域的两位科学家，以表彰他们发现了基因技术中的超级工具——CRISPR/Cas9 基因剪刀；此外，中国科学家在基因编辑方面的研究成果入选中国科协生命科学学会联合体发布的《2019 年度中国生命科学十大进展》报告。同时《科学》杂志将“充满道德争议的基因编辑”列为 2018 年最大的“科学故障”，也体现了基因编辑技术的复杂性。

社会高关注度主要集中在寨卡病毒、埃博拉病毒等传染病预防主题上，结合 2020 年新型冠状病毒的流行情况，有可能引起全球流行性爆发且尚无合理应急预案的未知传染性疾病的主题更为社会所关注，例如，麻省理工学院－哈佛大学博德研究所张锋研究团队已经利用 CRISPR/Cas13 剪切新冠病毒基因组用于新冠病毒的临床检测和快速诊断中；此外，有关肥胖、电子烟、心血管疾病等健康管理主题表明人们对健康关注度明显上升。

学科交叉角度筛选的技术主题涉及较多的是医学影像和生物检测方向，其中“医学图像分析中的深度学习研究”主题中将深度学习用于影像分析，从医学图像大数据中自动学习提取隐含的疾病诊断特征，近几年已迅速成为医学图像分析研究热点。

表1 生命健康领域四个维度上排名前10的前沿技术课题

新兴热点	高社会关注度	高技术转化价值	高学科交叉性
纳米胶束性能及其药物控释研究	寨卡病毒生物学研究	CRISPR-Cas9基因工程的开发与应用	光学相干断层血管造影
免疫检查点抑制剂在肿瘤治疗中的应用	阿片类处方镇痛药与疼痛治疗	CRISPR/Cas系统及其在噬菌体中的作用	3D打印微流控芯片技术
嵌合抗原受体T细胞（CAR-T细胞）免疫疗法	人肠道微生物组学与肥胖	嵌合抗原受体T细胞（CAR-T细胞）免疫疗法	组织和器官的3D生物打印
T淋巴细胞代谢重编程的方法和机制	电子烟的安全性评价与风险评价	抗体依赖性细胞介导抗体疗法	医学图像分析中的深度学习研究
CRISPR-Cas9基因工程的开发与应用	CRISPR-Cas9基因工程的开发与应用	用于癌症治疗的抗体药物偶合物	环境中抗生素耐药基因研究
小胶质细胞与神经退行性疾病	尼安德特人基因组序列	诱导多能干细胞重编程机制	全基因组组装算法
环境中抗生素耐药基因研究	埃博拉病毒治病机理、临床表现与治疗	BET溴结构域抑制剂在肿瘤治疗中的应用	正念疗法对焦虑和抑郁的影响
组织和器官的3D生物打印	膳食糖摄入量与肥胖、2型糖尿病和心血管等疾病风险分析	通用流感病毒抗体和疫苗研究	抗菌聚合物作用机理、活性因子及应用
正念疗法对焦虑和抑郁的影响	运动性脑震荡研究	神经系统中的光遗传学	生态毒理学研究和风险评估
寨卡病毒生物学研究	免疫检查点抑制剂在肿瘤治疗中的应用	外显子组测序及基因组变异分析	细胞外基质作为生物支架材料的结构与功能

2. 优先技术方向研判

专家组结合国家重大战略需求、未来社会发展需求和愿景分析，同时兼顾技术覆盖领域，在 95 项技术课题上进一步整合凝练，提出面向 2035 年最重要的 11 项优先技术方向，具体方向及相关的前沿技术课题如表 2 所示。

表2 生命健康领域优先技术方向与核心技术课题

序号	优先技术方向	相关的前沿技术课题
1	复杂脑疾病的诊断与调控技术	小胶质细胞与神经退行性疾病；神经退行性疾病诊断和分类研究；正念疗法对焦虑和抑郁的影响；昼夜节律和睡眠对身体和大脑健康的影响
2	脑机接口与类脑人工智能技术	脑机接口中脑电图分析及稳态视觉技术
3	干细胞调控与类器官技术	组织和器官的3D生物打印；诱导多能干细胞重编程机制和能够调控干细胞增殖、分化和功能的关键技术
4	免疫稳态与疾病防治关键技术	PD-1/PD-L1抑制剂在肿瘤治疗中的应用；免疫检查点抑制剂在肿瘤治疗中的应用；嵌合抗原受体T细胞(CAR-T细胞)免疫疗法；T淋巴细胞代谢重编程的方法和机制；新型基因修饰肿瘤细胞疫苗技术
5	新一代基因测序、编辑技术与应用	全基因组组装算法；单细胞RNA序列分析与转录组学；外显子组测序及基因组变异分析；纳米孔测序；CRISPR-Cas9基因工程的开发与应用
6	纳米生物材料与生物检测应用技术	量子点在生物医学体外诊断的应用；金属纳米颗粒对体内外免疫反应的影响；基于表面拉曼散射的体外检测；3D打印微流控芯片技术
7	医疗器械的智能感知与智能交互关键技术	医学图像分析中的深度学习研究；具有超灵敏和实时数据解释与判断能力的智能远程手术机器人系统；能够进行远程治疗和护理医疗系统；基于AI的快速病理诊断系统
8	未知病原体的智能检测、预警与防控技术	通用流感病毒抗体和疫苗研究；冠状病毒相关诊断、病理学和病因学研究；利用病原体数据库分离鉴定未知病原体技术；新兴传染病对人类影响的预测和评估系统；传染病（流行病）疫情信息智能检测、预警；冠状病毒相关疫苗和药物方面的研究；重大疫情的生态环境风险综合评估与防控策略
9	源于传统中药的新药发现技术	中药复方新药以及中药组分或单体新药的研发；基于AI的药物研发（化合物筛选、设计和靶点）发现
10	靶向药物智能递送系统	纳米胶束性能及其药物控释研究；药物研发、药剂与作用靶点研究；基于靶标结构的药物结构修饰与优化研究；通过药物运载系统实现将核酸药物靶向到目标组织和器官；纳米药物靶向输运透过血脑屏障的研究；细胞穿透肽在核酸和肿瘤药物传递的应用；自组装纳米粒非病毒性基因载体
11	多模态医疗健康大数据交互与应用技术	医疗健康大数据云平台

三、生命健康领域德尔菲调查结果分析

1. 技术课题的未来实现时间

生命健康领域技术课题“在中国的技术实验室预计实现时间”集中在2025年前后，预计在2023—2029年实现的技术课题为81项，占德尔菲调查清单课题总量的85.26%。对不同子领域在中国的实验室实现时间进行对比分析，脑科学、免疫治疗相关课题在中国实验室预计实现时间平均值在2024年左右，为9个子领域中时间相对较早的领域；疾病预防相关课题在中国实验室预计实现时间为2031年左右，在9个子领域中时间相

对较晚的领域。

“在中国的技术应用推广和普及时间”集中在2029年前后，预计在2028—2033年实现的技术课题为62项，占德尔菲调查清单中课题总量的65.26%。对不同子领域在中国的应用推广和普及时间进行对比分析，免疫治疗和基因技术在中国的技术大规模普及时间平均值在2027年左右，为9个子领域中时间相对较早的领域；干细胞和再生医学相关技术课题在中国的技术大规模普及时间在2033年左右，为9个子领域中时间相对较晚的领域。

2. 实验室技术实现制约因素

对生命健康9个子领域在实验室技术实现的制约因素进行分析，整体来看，制约因素中科学原理突破、高层次人才及团队以及学科交叉程度影响较大，主要涉及免疫治疗、健康管理、疾病预防和脑科学领域；其次为相关学科发展情况、研发资金、产学研合作、研发设施设备；国内政策支持和国外竞争限制影响相对较小。

表3 生命健康领域实验室技术实现制约因素分析

技术	实验室技术实现的制约因素分析（专家认同度，%）								
	科学原理突破	相关学科发展情况	学科交叉程度	高层次人才及团队	研发资金	研发设施设备	产学研合作	国内政策支持	国外竞争限制
脑科学	49.7	42.0	63.5	60.2	25.0	22.8	18.7	6.0	0.0
干细胞和再生医学	61.0	34.6	59.8	52.2	31.1	21.2	15.7	4.8	1.3
免疫治疗	75.0	0.0	25.0	100.0	62.5	0.0	37.5	0.0	0.0
基因技术	57.8	51.1	42.2	58.9	40.0	13.3	25.6	7.8	0.0
生物材料和检测	33.0	54.4	55.2	31.9	19.8	21.6	48.4	9.6	1.5
医疗器械	46.7	36.5	59.8	44.1	27.5	13.5	43.6	12.6	4.2
疾病预防	59.0	58.5	80.7	41.0	36.0	0.0	15.7	9.2	0.0
药物研发	50.7	35.1	31.3	55.9	55.5	21.1	21.9	12.3	2.3
健康管理	66.8	63.3	30.7	30.6	42.6	10.8	23.0	22.6	0.0
总计	55.5	44.1	50.1	51.5	38.2	13.4	26.8	9.8	0.9

3. 技术应用推广和普及制约因素

表 4 对生命健康 9 个子领域在技术应用推广和普及的制约因素进行分析，整体来看成果转化中试基地、社会或风险资金、产业链配套能力制约程度较高，主要涉及基因技术、疾病预防、健康管理、脑科学、生物材料和检测、药物研发等领域；其次为公众需求、市场竞争程度、危害性或伦理风险、国内示范推广；科技中介服务和国外限制竞争的制约程度相对较小。

表4 生命健康领域技术应用推广和普及制约因素分析

技术	技术应用推广和普及的制约因素（专家认同度，%）								
	社会或风险资金	成果转化中试基地	产业链配套能力	科技中介服务	公众需求	市场竞争程度	危害性或伦理风险	国内示范推广	国外限制竞争
脑科学	33.3	68.0	51.1	25.6	35.5	6.9	19.5	35.7	2.1
干细胞和再生医学	42.8	58.5	58.5	9.8	35.3	15.7	22.7	16.9	2.9
免疫治疗	37.5	12.5	12.5	0.0	100.0	12.5	75.0	37.5	0.0
基因技术	80.0	81.1	48.9	6.7	24.4	18.9	4.4	31.1	0.0
生物材料和检测	18.4	51.6	61.4	14.1	25.4	31.4	26.4	27.1	8.0
医疗器械	50.4	48.1	59.3	6.5	36.0	11.2	7.0	46.8	5.7
疾病预防	72.0	59.5	74.4	3.9	31.5	8.0	37.6	13.1	0.0
药物研发	45.0	57.3	61.1	2.9	29.8	31.3	18.0	20.3	10.7
健康管理	70.0	53.6	38.0	8.9	32.4	28.1	20.1	29.9	1.8
总计	53.1	56.9	53.1	8.3	36.5	18.6	24.3	27.6	3.3

4. 技术课题对未来影响的判断

表 5 对生命健康 9 个子领域对未来国家安全、产业升级、社会发展和生活质量的影响进行分析，整体来看生命健康对社会发展、生活质量的影响较为突出。其中疾病预防、脑科学对国家安全的影响，免疫治疗、基因技术对产业升级的影响，免疫治疗、干细胞和再生医学对社会发展的影响，健康管理、脑科学、疾病预防对生活质量的影响较为突出。

表5 生命健康对未来影响的判断

技术	技术课题对未来影响的判断（专家认同度，%）			
	国家安全	产业升级	社会发展	生活质量
脑科学	11.2	23.4	34.9	30.6
干细胞和再生医学	5.6	25.1	42.3	27.0
免疫治疗	6.3	37.5	43.8	12.5
基因技术	20	34.4	27.2	18.3
生物材料和检测	5.1	31.1	38.7	25.2
医疗器械	3.0	31.9	35.4	29.7
疾病预防	29.9	4.0	35.6	30.5
药物研发	8.4	30.9	33.8	26.8
健康管理	4.2	14.3	39.7	41.8
总计	12.0	25.0	36.0	27.0

5. 技术课题的领先国家和地区

95 项技术课题中，我国接近国际水平的有 73 项，占比 77%，落后国际水平的有 18 项，占比 19%，领先国际水平的有 4 项，分别是“外显子组测序及基因组变异分析”“冠状病毒相关诊断、病理学和病因学研究”“冠状病毒相关疫苗和药物方面的研究”“中药复方新药以及中药组分或单体新药的研发”。相比之下，美国目前处于领先位置的有 87 项，涉及生命健康 9 个子领域。日本目前处于领先位置的有 8 项，主要集中在基因技术、疾病预防和药物研发。

四、总结和建议

1. 结果验证和存在的问题

研究与预测未来生命健康领域科学技术的发展及其对人类生活的影响是一项兼具挑战性与争议性的工作，难度很大。本研究通过系统性地探索前沿预测方法和开展技术预见活动，构建了多决策目标下多源数据融合和前沿发现流程，实现数据智能与专家智慧的有效整合，精准识别生命健康领域科技创新战略重点领域和优先发展技术清单。实践发现，基于数据挖掘的前沿技术在很

大程度上与专家研判结果得到相互印证，专家提出的意见主要针对技术课题的描述和主题的颗粒度上，对所选技术本身的质疑很小，证明了技术主题识别方法是有效和可信的。

11 项优先技术方向与日本、韩国的技术预见主题相类似的较多，如“复杂脑疾病的诊断与调控技术”与日本技术主题中的“基于神经退行性疾病（例如阿尔茨海默氏病）的发病前生物标记物的有效预防和治疗发病的疾病缓解疗法”“血液对癌症和痴呆症的早期诊断和病理监测”“阐明记忆、学习、认知和情感等大脑功能、意识、社会性、创造力等高阶神经功能”和“基于抑郁和双相情感障碍的细胞水平脑病理学新疗法”“通过细胞移植和基因治疗治疗中枢神经网络功能障碍（帕金森病、肌萎缩性侧索硬化症、脊髓损伤等）”相类似；“脑机接口与类脑人工智能技术”在韩国未来技术中也有类似的主体，如“完全植入式神经通路设备”“人机交互脑机接口技术”。未在日韩技术预见重要主题中出现的有“源于传统中药的新药发现技术”和“靶向药物智能递送系统”。

由于受德尔菲调查专家规模的限制，参与调查的专家更多集中在学术机构中，对经济社会的发展趋势和公众社会需求的全局把控较为困难。因此，在面向 2035 新一轮中长期规划以及在中美贸易摩擦背景下，坚持以科技创新和经济社会发展双轮驱动的科技政策导向，需要不断增强技术预见方法和实践上的独立探索和开拓创新能力。

2. 生命健康领域技术发展建议

生命健康领域技术预见的目标是有效支撑相关决策、研究和规划，为实现我国生命健康领域的未来技术引领提供参考建议。基于德尔菲调查中生命健康领域的主要制约因素，提出促

进和保障我国生命健康领域未来技术发展的可行性建议。

一是要加强基础研究，努力实现科学原理突破。尤其是免疫治疗、健康管理、干细胞和再生医学、疾病预防、基因技术、药物研发和脑科学等子领域都已经到了技术突破的紧迫阶段，要提出新理论、发展新方法，争取获得重大开创性的原始创新成果。同时，加快互联网和大数据技术与健康产业结合，加快业态创新、技术创新、产品创新、管理创新以及服务创新。

二是要面向人民生命健康和国家战略重大需求，发展关键应用技术。在测序仪、测序试剂、疫苗生产原料及生产设备、高端医疗器械等“卡脖子”的技术瓶颈，亟须加快突破关键核心技术的制约。鼓励企业拓展自主研发，推动建立适应健康新业态、新模式发展的产、学、研、用协同创新体系，构建全链条新业态科技支撑体系。

三是以跨领域跨学科交叉融合方式应对人类健康挑战。不断优化学科布局，设置和发展智能医学等新兴医学、交叉医学专业。培养生命健康基础或应用研究、生命健康服务业、生命健康制造业等的创新创业人才；培养具有全球视野和社会责任感、跨文化交流能力强、解决全球健康问题、引领未来的世界顶尖复合型大健康人才。

四是要重视伦理审查，加强行业监管力度。适时根据生物医学研究的新进展、新问题出台新的伦理审查指导原则或指南；建立规范、统一的生物医学研究伦理审查行业标准，进行同行监督，相互学习、相互促进，以期使生物医学研究及伦理审查健康发展，进而推动生命健康产业和技术的良性发展。

（作者：中国科协创新战略研究院课题组）



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 19 期（总第 447 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 3 月 15 日

网络安全技术发展方向与趋势研究

〔按〕随着新一代信息技术与经济社会发展各领域深度融合，网络安全形势日益严峻，网络安全技术在维护国家安全、支撑产业转型、服务社会发展、保护公众利益等方面的重要作用愈加凸显。本文进行了面向 2035 年的网络安全技术预见，综合运用愿景分析、需求分析、前沿分析、相关研究成果分析等方法，总结凝练密码技术、数据安全、内容安全等 7 个子领域的 60 项网络安全领域关键技术，通过两轮德尔菲调查筛选出 10 项网络安全领域优先技术方向。面向全球网络安全技术发展新态势、新趋势和我国经济社会发展新要求，提出了加快推动我国网络安全技术发展的建议。

没有网络安全就没有国家安全，网络安全技术为维护国家网络安全提供了重要的技术基础，为支撑经济社会发展构建了坚实的安全屏障。党的十九届五中全会明确了我国“十四五”期间发展的战略任务和 2035 年远景目标，强调要统筹发展和安

全，全面加强网络安全保障体系和能力建设，对网络安全技术和防护能力提出了新的、更高的要求。技术预见作为一种战略规划工具，在世界各国的科技政策制定中发挥了重要作用，开展网络安全技术预见通过分析研判网络安全领域发展态势和走向，提出网络安全技术优先方向，能够为网络安全领域技术和产业发展提供路径指引，为网络安全领域相关战略政策制定提供研究支撑。

近年来，各国将网络安全作为国家安全战略的优先方向加大资源投入和力量部署。网络安全在维护国家安全、支撑产业转型、促进社会发展、保障公众利益等方面的重要作用愈加凸显。

从维护国家安全看，网络空间正在成为大国竞争博弈的新场域，极限施压、技术脱钩、技术民族主义等趋势对于信息技术产业链、供应链的负面影响上升，网络空间“巴尔干化”日益显现。未来随着5G、物联网等技术落地普及，基于万物感知、万物互联的智慧社会对于网络安全防御技术能力的综合性、及时性的要求更高，网络安全技术为维护国家安全提供了重要的技术手段。

从支撑产业数字化转型看，当前产业转型升级的现实需求引导网络互联互通，实现跨行业跨领域连接、海量数据采集汇聚，同时网络威胁也能直达生产一线，有效应对工业信息安全风险已经成为支撑产业转型升级的重要保障。亟须加强网络安全技术研发的前瞻性布局，提升网络安全防护能力。

从维护社会稳定看，信息化手段在城市建设和政务服务中的加快推广，城市治理和公共服务的泛在化、融合化、智能化水平日益提升。可以预见，各项城市公共服务和电子政务服务对于网络安全防护的需求与日俱增，构建体系化安全保障能力

是必然趋势。

从保障人民利益看，信息高度实时共享释放个人信息保护需求，用户个人信息泄露和非法利用等风险正在增加，制造网络谣言、假新闻、假信息等网络违法犯罪行为层出不穷，个性化算法推荐、深度伪造等技术门槛降低，严重侵害了广大人民群众切身利益。目前，监管能力对于网络犯罪违法行动的震慑能力有待增强，亟需提升“以技术管技术”的支撑手段。

因此，基于经济社会数字化转型需求及其可能带来的网络安全风险挑战，分析研究网络安全技术发展趋势具有重要战略和现实意义。本文面向 2035 年网络安全技术发展趋势，采用愿景分析、需求分析、文献计量等方法，总结了涵盖 7 个类别共 60 项网络安全领域的关键技术方向，组织开展了两轮德尔菲问卷调查，提炼了网络安全领域关键技术方向，并有针对性地提出了加快网络安全技术发展的建议。

一、国内外网络安全相关技术预见研究进展

近年来，数据安全、隐私保护、网络治理等网络安全议题愈发引起各方高度重视，各国相继开展的信息技术领域的技术预见活动都将网络安全相关技术方向作为重点研究领域之一。

国外相关技术预见研究将网络安全技术作为重点技术方向。2019 年 11 月 1 日，日本科技学术政策研究所发布了《第 11 次科技预测调查综合报告》，报告将信息通信技术分析和 service 领域列为重要性较高的五大领域之一，其他重点领域为健康医疗和生命科学领域、材料器件和生产工序领域、城市土木建筑和交通领域、宇宙地球海洋等基础科学领域。2017 年 1 月，英国发布第三版《技术与创新的未来 2017》报告，提出电池、面向互联网的量子安全、算法与机器学习、机器人与自动系统等四

项技术，是未来发展的技术创新趋势。其中，面向互联网的量子安全是重点关注方向之一。报告认为，下一代的光子学可通过量子效应，为数字网络提供更稳定的在线安全性。2016年4月，美国陆军发布了《2016—2045 年新兴科技趋势》预测报告，将网络安全技术作为 24 项值得关注的新兴技术之一，其中用户身份鉴定技术、自我进化型网络、下一代解密技术是网络安全技术最具代表性的发展方向。

我国信息技术领域也开展了对网络安全关键技术的研究，《中国工程科技 2035 发展战略》筛选了信息与电子领域中关系全局和长远发展的战略领域及优先方向，网络空间安全技术是其中重要的子领域，主要技术方向包括：大规模网络攻击的机理和过程分析技术、网络虚拟身份管理技术、信息内容的理解和研判技术、新一代密码技术、新材料环境下的网络传输安全防御技术等。在《全球工程前沿报告》中，信息与电子工程领域 Top10 工程开发前沿涉及网络安全技术包括“网络安全中的身份认证与访问控制”，在机械与运载工程领域将“车联网信息安全与隐私保护”列为工程研究前沿热点技术之一，信息与电子工程领域工程开发前沿将“物联网安全检测技术”列入 Top10 开发热点之一。

二、网络安全技术预见方法及过程

本次网络安全技术预见在充分吸收国内相关研究的经验和成果的基础上，以经济社会发展对于网络安全技术的需求分析为研究背景，以文献计量分析为手段支撑，以德尔菲法和专家研讨为核心，识别和遴选网络安全领域关键技术。

1. 文献分析

选取中国计算机学会推荐的网络和信息安全领域高水平会

议论文（A、B、C 三类），通过 Scopus 数据库检索下载，时间跨度为 2015 年至 2019 年，获取 9073 篇论文，以论文的标题、摘要、关键词字段为分析数据，作为基础研究热点及前沿的分析挖掘基础。综合运用无监督聚类方法、复杂网络方法和突发词检测算法展开深度挖掘分析，具体而言，基于 Python 语言，利用 NLTK 包对文本数据进行预处理，利用 TFIDF 方法对文本进行向量化表示，采用 K-means++ 算法对数据进行聚类，对各个聚类簇进行解读和研判，形成网络安全领域的研究热点。此外，基于复杂网络结构洞理论，展开研究前沿分析和挖掘，最后利用链路预测算法识别潜在的前沿基础研究。

2. 德尔菲调查

基于网络安全关键技术清单，组织开展了网络安全关键技术专家调查，调查问卷设置集中于技术本身的重要性、技术应用的重要性、技术实现时间预测、技术基础与竞争力以及技术发展制约因素等五个方面，旨在获取专家对于备选技术的判断。在第一轮专家调查结束后，结合分析结果以及专家反馈的具体修改意见，对技术清单进行修订完善。一是根据专家的领域侧重，特别是针对一些小众、细分技术领域，扩大了调查问卷的发放范围，对专家勾选“不熟悉”较多的技术项，有针对性地邀请相关细分领域专家参加问卷调查。二是结合第一轮结果，针对部分技术的产业化的成熟度较高的现象，删除或者进一步聚焦特定技术方向，将重复接近的技术项进行合并。三是针对技术名称表达不够清晰的情况，不断调整细化技术方向的表述和内涵界定，充分体现技术的重要性和前瞻性。结合上述原则，根据第一轮调查中专家提出的部分技术项目，调整平衡不同技术的覆盖面和颗粒度，合并交叉重复的技术方向，形成第二轮

技术清单。

德尔菲调查专家方面，46%的专家来自高校，36%的专家来自研究机构，其余专家来自政府部门和企业。从专家反馈看，对于所有填报的技术项，选择“熟悉”“一般”“不熟悉”的专家分别达到34%、52%、14%。总体来看，专家回函具有一定的专业性，统计分析结果具有较高的参考价值。

三、技术预见结果分析

此次技术预见面向来自相关政府部门、高校、科研院所、企业的专家开展了两轮问卷调查，搜集了专家对于技术清单中技术项的全面评价，得到了技术方向的研发水平和实现时间、技术发展瓶颈及制约因素、领先国家情况等相关结果。

1. 关键技术清单遴选

网络安全技术清单的制定按照“网络安全领域—子领域—技术项”的分步骤分层次进行研究的收敛聚焦，通过专家研讨，凝练提出了7个子领域的划分方案（表1），技术清单在前期研究分析基础上，既考虑到我国经济社会数字化转型对于网络安全的现实需求，同时结合国际上技术前沿发展方向，重点关注网络安全领域潜在颠覆性及具有重大应用潜力的技术方向。并参考调查专家的反馈意见，对子领域的划分有所调整和修正。

表1 网络安全技术子领域及关键技术

序号	技术子领域	技术项
1	密码技术	零信任网络访问安全；基于零知识证明的身份认证；电子签名技术；匿名与隐私保护技术；量子加密技术；差分隐私及应用；同态加密技术
2	数据安全	云环境下的数据存储安全技术；数据防泄漏技术；侧信道分析技术；网络虚拟身份管理技术；基于生物识别的身份认证；大数据威胁情报分析技术；数据溯源
3	系统安全	端点检测及响应技术；多层级端点防护技术；端点准入防御；网络测绘技术；面向移动终端的安全技术；IPv6安全技术；多重安全网关技术；特征码提取与识别；云访问安全代理技术；边缘智能网络安全技术；入侵检测与防御技术
4	内容安全	信息内容的理解和研判技术；互联网舆情管理技术；视图像内容安全技术；网络安全审计与防护技术；行为监测与分析技术；网络可视化技术；网络资源管理技术
5	应用安全	应用访问控制技术；工业控制系统的安全防护技术；Web应用安全风险评估及防护技术；移动应用安全检测技术；可信计算技术；网络取证技术
6	网络攻防	态势感知网络防御；网络安全主动防御技术；动态网络安全防御技术；拟态防御技术；信息渗透与对抗技术；网络攻击追踪溯源技术；大规模网络攻击的机理和过程分析技术；基于机器学习的攻击预测/检测；边缘计算环境下网络安全防御体系；分布式拒绝服务攻击防御；漏洞分析及评估
7	新一代信息技术安全	5G与6G安全技术；软件定义网络安全技术；基于区块链的网络安全防御技术；基于量子的互联网安全技术；云访问安全代理技术；工业互联网安全技术；车联网网络安全防护技术；面向人工智能应用的网络安全防护；空天网络安全；金融网络安全；认知网络安全保障技术

2. 技术预计实现时间

从实验室实现时间来看，多数技术集中于2021—2025年期间实现，约占91.9%，有8.1%的技术预计实现时间在2026—2030年。从社会推广时间来看，技术清单中技术实现时间仍集中于2021—2025年，预计在此区间内实现的技术约占72.6%，有25.8%的技术预计实现时间在2026—2030年，另有1.6%的技术预期于2031—2035年实现。

3. 技术发展的制约因素

在技术研发的制约因素方面，科学原理突破、高层次人才及团队是限制网络安全技术发展的主要制约因素，产学研合作、相关学科发展情况等因素的制约影响较强。在应用推广普及方面，公众需求、国内示范推广对网络安全技术发展的影响较为突出。

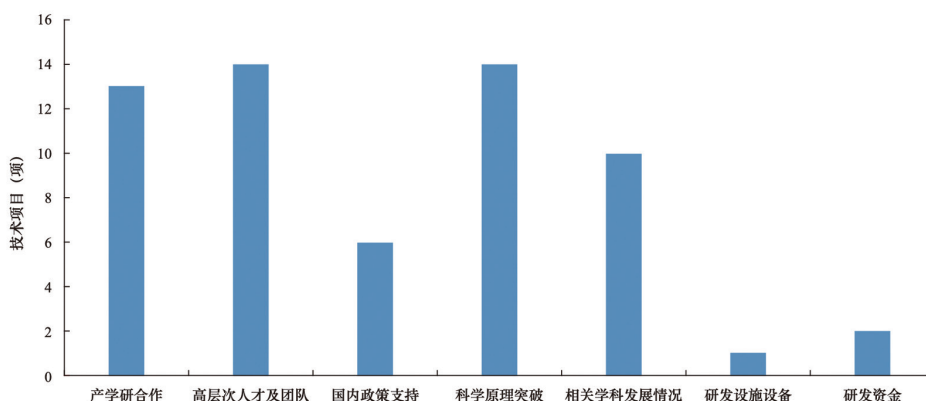


图 4 实验室技术研发的制约因素

4. 技术的领先国家和地区

从全球看，美国在网络安全技术的研究开发水平处于绝对领先的地位，此调查中所有技术美国研究开发水平居于世界第一位。从我国看，有 4.8% 的技术处于国际领先水平，包括互联网舆情管理技术、拟态防御技术、量子加密技术等，另有 91.9% 接近国际水平，3.3% 落后于国际水平。

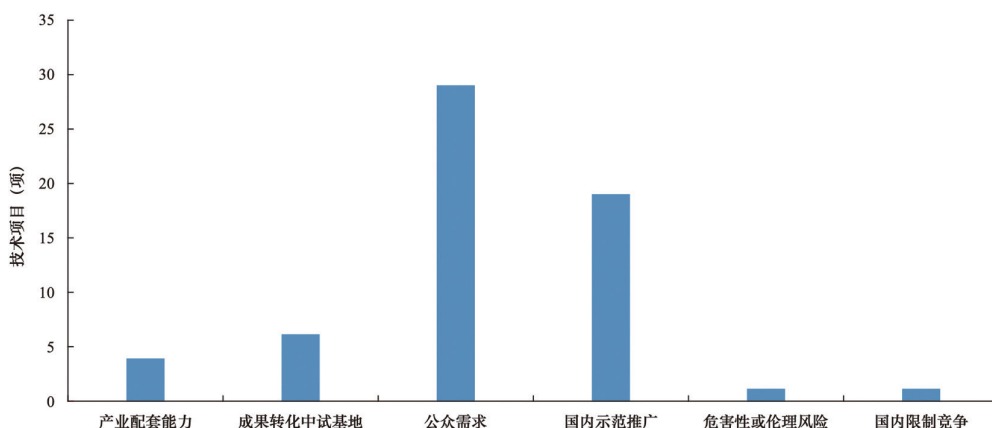


图 5 社会应用推广中的制约因素分布

四、技术发展趋势及影响

经过专家研讨，综合考虑技术项目在实验室和应用推广的时间，同时再结合不同技术方向之间存在一定的关联性，遴选出网络安全领域需要优先发展的 10 项关键技术。

表2 网络安全关键技术方向

技术方向	技术子领域	实现时间		制约因素	
		实验室实现	社会推广	实验室制约因素	社会推广制约因素
网络攻击追踪溯源技术	数据安全	2023	2025	高层次人才及团队	国内示范推广
面对人工智能应用的网络安全技术	新一代信息技术安全	2024	2028	高层次人才及团队	国内示范推广
大数据威胁情报分析技术	数据安全	2023	2025	产学研合作	国内示范推广
云环境下的数据存储安全技术	应用安全	2024	2025	产学研合作	产业链配套
信息内容的理解和研判技术	内容安全	2024	2027	高层次人才及团队	公众需求
网络安全主动防御技术	网络攻防	2024	2024	产学研合作	公众需求
网络虚拟身份管理技术	数据安全	2024	2025	国家政策支持	国内示范推广
车联网网络安全防护技术	新一代信息技术安全	2024	2027	产学研合作	公众需求
可信计算技术	应用安全	2025	2028	研发资金	产业链配套
工业控制系统的安全防护技术	应用安全	2023	2024	产学研合作	产业链配套

网络攻击追踪溯源技术。追踪攻击源的溯源技术针对攻击者的背景、目的、来源以及行为方式进行研究，详细分析网络攻击什么时候发生以及为什么发生，攻击将达到什么效果，同时对整个攻击路径进行溯源，对攻击源进行画像等，以威慑潜在的网络攻击者。未来随着政府、企业等主体对于追踪溯源的重视程度提升，结合网络安全数据的积累，将能够通过自动化分析实现更高成熟度的网络攻击溯源。

面向人工智能应用的网络安全技术。人工智能在网络防护、信息审查、智能安防以及舆情监测等方面拥有广阔的应用前景。通过与专家合作，人工智能平台的网络攻击检测率达 85%，准确率提高了 2.92 倍。人工智能算法可以发现超出正常模式的不正常网络行为，并以此识别可疑用户和个人，这将为广大企业赋能，为远程办公、协同办公等应用提供有效防护。在此过程中，人工智能技术必须能够更适应网络安全防护的复杂困难场景，

进一步提升技术应用的可行性和可操作性。

大数据威胁情报分析技术。大数据分析包括大数据采集、预处理、存储和管理、分析和挖掘、可视化呈现等一整套技术。未来基于大数据的威胁情报分析技术通过结合威胁情报和攻击事件信息进行大数据挖掘分析，能够更好地解决海量威胁情报信息的采集、存储和对威胁情报进行各种汇聚关联并进行综合分析，洞悉网络安全态势，应对新型复杂的威胁及未知多变的风险。

云环境下的数据存储安全技术。数据中心承载着所有业务实现过程中数据的存储、计算和处理，云安全已经成为数据安全防护的主战场。但随着混合云、私有云的发展，云边界、云上资产及应用，虚拟化放大了传统信息系统环境下安全域的规模，增加了网络安全防护难度和强度。目前有潜力的技术方向包括零信任策略、联邦学习、隐私计算等，在数据安全合规愈发严格的情况下，新的技术方向能够为各方协同应用提供保障，释放数据价值，为网络用户提供更多创新应用。

信息内容的理解和研判技术。传统的文本过滤技术已经不能适应新安全要求，大数据技术辅助网络挖掘和机器学习可执行广度的自动化分析和快速挖掘舆情信息，通过采集、过滤、记录网络上所有的网络数据报文，实时监测网络上的流量信息，发现可疑的内容和目标，并对可疑内容和目标进行记录、报警和阻断。信息内容理解和研判技术将为识别网络虚假新闻、维护数字知识产权、打击网络犯罪行为提供重要的技术手段，促进更多高质量的网络内容传播和推广，营造风朗气清的网络空间。

网络安全主动防御技术。主动网络安全防御是解决网络系

统中未知威胁与入侵攻击的新途径，在动态的网络安全技术体系架构中，可根据全局网络安全状态、实战化安全运营要求等，构建主动防御模式，应对已知攻击、未知风险。数据挖掘分析中，溯源定位、策略动态下发、事件自动化响应处置显得尤为重要，主动防御以高效率、弹性资源利用等优势，成为网络安全防御技术研究领域的重点方向。

网络虚拟身份管理技术。网络虚拟身份管理是使网络空间中的个人、组织、服务和设备等对象由权威源建立和认证对应的数字身份，使各方可以相互信赖，其中需要综合使用身份验证、数据保护等技术。未来有望突破十亿级用户的网络虚拟身份高效管理技术，并在全国全面推广，实现与各类网络应用的高度集成。网络虚拟身份管理技术实现在电子商务、公共服务、社交网络等领域的应用将能够避免用户在不同网络及移动网络应用时的行为数据被追踪和汇聚，为保护公民个人身份信息提供有力保障。

车联网网络安全防护技术。车联网已经成为未来智慧交通的重要应用场景，同时其带来的网络安全问题引起广泛关注，自动驾驶性能提升带来软件代码的激增，其中软件缺陷中很大一部分是可以被利用的漏洞，这些程序漏洞可能导致软件系统的完整性受损。车联网安全防护需要结合车联网业务场景，采用多种防护技术协同联动，未来面向车联网具体应用场景的网络安全技术，将通过实时感知、及时反馈的安全防护方案，为自动驾驶落地提供安全保障。

可信计算技术。可信计算基于芯片的硬件安全机制，主动检测和抵御可能的攻击。相对于传统的杀毒软件、防火墙等被动防御方式，可信计算不仅可以在攻击发生后进行报警和查杀，

还可以在攻击发生之前进行主动防御，能够更系统、更全面地抵御恶意攻击。未来可信计算将需完善可信计算产品体系，从技术、标准、产业链等方面全力推动，建立网络空间免疫生态体系。

工业控制系统的安全防护技术。工业控制系统的网络安全防护与互联网有很大区别，很多联网工业设备设计之初未考虑到网络安全设计，工业生产的可靠性、连续性要求较高，导致针对特定工业控制设备的定期更新升级通常很困难。随着工业互联网加快应用，未来主要的技术发展方向有：威胁情报通过构建攻击知识库，使得针对网络威胁的响应更快；态势感知技术面向运营技术，对各种工控数据进行全面深入的安全智能分析；纵深防御通过设置多层重叠的安全防护系统，加强整体安全能力。

五、网络安全关键技术发展建议

2020年10月，党的十九届五中全会对我国“十四五”时期发展作出了全面部署，这些任务目标对网络安全和信息化领域技术发展提出了更高的要求。面向全球网络安全技术发展新趋势和我国经济社会发展新要求，网络安全技术发展应坚持“四个面向”，贯彻总体国家安全观，加强基础研究和前瞻部署，加快推动我国网络安全技术研发和应用达到世界先进水平。

1. 网络安全技术发展方面

注重大数据、人工智能、量子科技等领域的基础研究，加强前沿性技术在网络安全领域的创新应用。开展关键技术联合攻关，引导网络安全领域技术能力强、自主程度高的产学研力量加强协作，提升协同创新能力。面向国家网络安全攻防体系建设、网络安全态势感知体系、关键基础设施安全保护、新基

建网络安全保障等方面关键性、综合性技术发展，加快网络安全产品服务的迭代创新和演进升级。加强网络安全学科建设，探索网络安全人才联合培养机制，支持通过引进优质师资资源、设立海外技术研发中心等形式，加强高水平人才培养，培育高层次人才团队。

2. 保障技术发展的政策方面

强化国家战略的引领作用，加强国家网络安全的战略部署和综合施策，研究制定技术路线图和时间表，发挥新型举国体制下的资源整合优势，推动跨学科、跨部门、跨领域联合创新、协同创新。加大网络安全试点示范的推广力度，推动网络安全产业集聚化、差异化发展。加快网络安全技术成果转化，加大关键信息基础设施网络安全投入，引导市场从满足合规需求为主向兼顾合规和能力建设转化。促进产业结构优化，形成不同层次、不同水平的安全产品和服务，更好地适应网络安全市场需求。发挥国家科技计划对创新型网络安全企业开展自主研发创新的引导作用，支持大型龙头企业牵头参与基础技术研发，支持企业、高校、科研机构等加强良性互动，建立自主产业生态。

（作者：中国科协创新战略研究院课题组）



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 20 期（总第 448 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 3 月 15 日

我国集成电路领域重要技术发展趋势 和技术预见浅析

〔按〕 集成电路对国家科技创新发展、新旧动能转换、经济转型升级具有重大意义。本文对集成电路领域发展愿景、产业现状需求进行了分析，以文献分析、专利计量分析和对其他国家预见成果的吸收提炼作为研究基础，结合专家研讨，确定备选技术预见初步清单。通过德尔菲调查和统计分析，对集成电路领域技术的重要性、实现时间、研发水平和制约因素进行分析，提出面向 2035 年集成电路领域的关键领域和重要技术群，为开展面向未来的集成电路领域技术发展战略研究提供重要的参考。

当前，中美贸易摩擦之下，集成电路领域的一些技术如光刻、EDA 技术作为领域至关重要的技术，自主化程度较低，存在“卡脖子”现象，对我国信息技术发展带来一定挑战。集成电路技术是信息领域发展的基础和核心所在，半导体芯片广泛应用于

信息领域各类应用当中。习近平总书记指出，科技事业发展要坚持“四个面向”——面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康。在集成电路领域开展技术预见至关重要，具体而言，要对关键技术进行追踪分析，预判发展态势，也应精准把握领域国际发展形势，考虑未来国际技术战略政策情况，研判可能产生重大科技突破的技术方向，提出对国家安全、产业发展影响最突出的技术选择，研判各领域关键技术突破和社会应用的应用条件，筛选关键技术为研究提出重点技术发展路径提供依据和支撑，为我国集成电路领域发展战略研究奠定基础。

技术预见活动最初起源于美国，之后也被日本、英国、法国和德国等国家广泛使用。技术预见的研究方法包括定性分析方法和定量分析方法两大类别，两类方法各有优缺点，具体包括文献计量、德尔菲、情景分析等多种研究方法，其中德尔菲调查也称为专家规定程序调查法，是一种非见面形式的专家意见收集方法和高效的通过专家群体交流沟通来解决复杂问题的方法。

本文通过文献计量与预见成果分析，得出技术预见备选清单后进行德尔菲调查，得出关键技术预见清单，并针对德尔菲调查结果提出了技术发展路径建议和保障技术发展的建议，以期为集成电路发展规划提供参考。

一、集成电路发展愿景

1. 摩尔定律持续放缓，工艺技术向超摩尔方向演进，带来弯道超车机遇

摩尔定律的持续放缓，使得工艺技术开始向超越摩尔方向发展，技术处于相对落后的阵营有较佳的机会弯道超车。制程

微缩已接近物理极限，以摩尔定律为经济动力的半导体产业必须另寻多种经济效益动力引擎。3D 封装早已进场，3D 制程在 NAND flash 正在加速演出，而以材料科学制作新的元件或工作机制也开始入场，如量子计算和硅光子等。领域的应用都与未来的科技大趋势有关，AI、大数据、量子通讯、5G、IoT、量子计算等将成为未来弯道超车的重点方向。

2. 集成电路企业形态向更精细化分工演进，我国集成电路行业有望实现规模倍增

集成电路技术始终在沿着两条不同的路径发展，纵向是沿着摩尔定律的芯片特征尺寸不断缩小，横向则是特色工艺的器件特征不断多样化。除了技术的演变，产业格局也在不断发生变化，半导体企业的形态也在随之演变。到 2035 年，有望推动集成电路等三大先导产业规模倍增，形成具有国际竞争力的高端集成电路产业，突破一批核心部件、推出一批高端产品、形成一批中国标准。

3. 产业核心要素由欧美等地向中国转移，我国集成电路设计、材料领域逐步迈入第一梯队。

近年来，在政策的大力扶持之下，我国集成电路设计与材料领域保持良好发展势头，同时中国智能手机、平板电脑、汽车电子、智能家居等物联网市场的快速发展也刺激了对集成电路的需求。未来，总体趋势是中国作为全球第一大电子生产和消费国家的地位不会变，且对半导体的需求将逐年提升。虽然我国半导体产业起步比较晚，与海外龙头公司相比在技术制程等综合实力方面有较大差距，但中国正凭借庞大的市场需求以及强有力的政策支持，扮演着第三次集成电路产业转移承接者的角色，随着我国半导体产业布局不断完善，集成电路产业向

中国转移趋势不可阻挡。

二、研究方法

1. 集成电路技术预见方法体系

集成电路技术作为我国技术与产业创新发展的核心技术，对于国家科技、经济发展的重要战略意义愈发突出，考虑到科技自身的快速发展，国际科技合作、经济、地缘政治的变化等因素，集成电路技术预见采用沙漏模型，预见模型尽可能多地考虑到多方面因素对未来技术发展的影响，从而确定未来将影响国家集成电路产业发展以及国家安全、社会发展等多方面因素的关键技术选择。

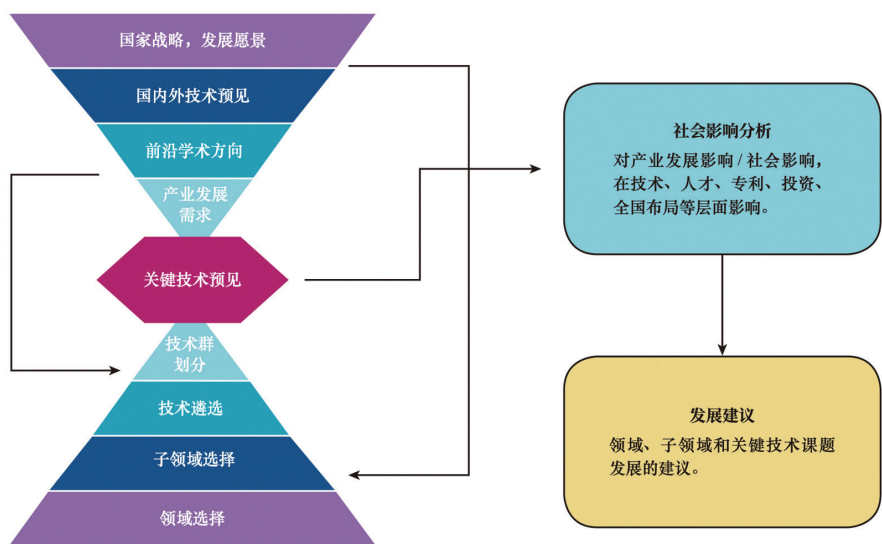


图1 集成电路技术预见的模型

图1为此次集成电路技术预见的模型。研究从我国国家战略规划、世界其他国家发展愿景等方面展开，以预见成果及战略规划作为研究基础，同时按照集成电路产业上下游划分确定领域和重点子领域，综合国内外技术预见成果，通过大量文献分析、专利计量，结合产业界研发热点和技术需求确定细分重点技术点并收缩形成技术群，作为技术预见备选清单进行德尔

菲调查。模型的核心目标在于助力集成电路产业发展、升级，指导未来几十年重点发展领域。研究以此为核心，所有研究素材收集和分析、所有技术项目的挖掘和论证，都以是否有利于核心目标的实现为判断标准，通过专家研判形成技术预见备选清单。

集成电路产业技术预见研究聚焦于集成电路领域关键技术，在方法与流程设计和应用中，最终目的聚焦在集成电路关键课题及发展战略，同时按照集成电路产业上下游划分确定领域和重点子领域，结合产业界研发热点和技术需求确定细分重点技术点并收缩形成技术群，确定备选技术清单并完成问卷设计，在流程设计中，需体现技术预见并完成发展愿景，与现状需求相结合的特点。集成电路产业技术预见流程，如下图 2 所示。

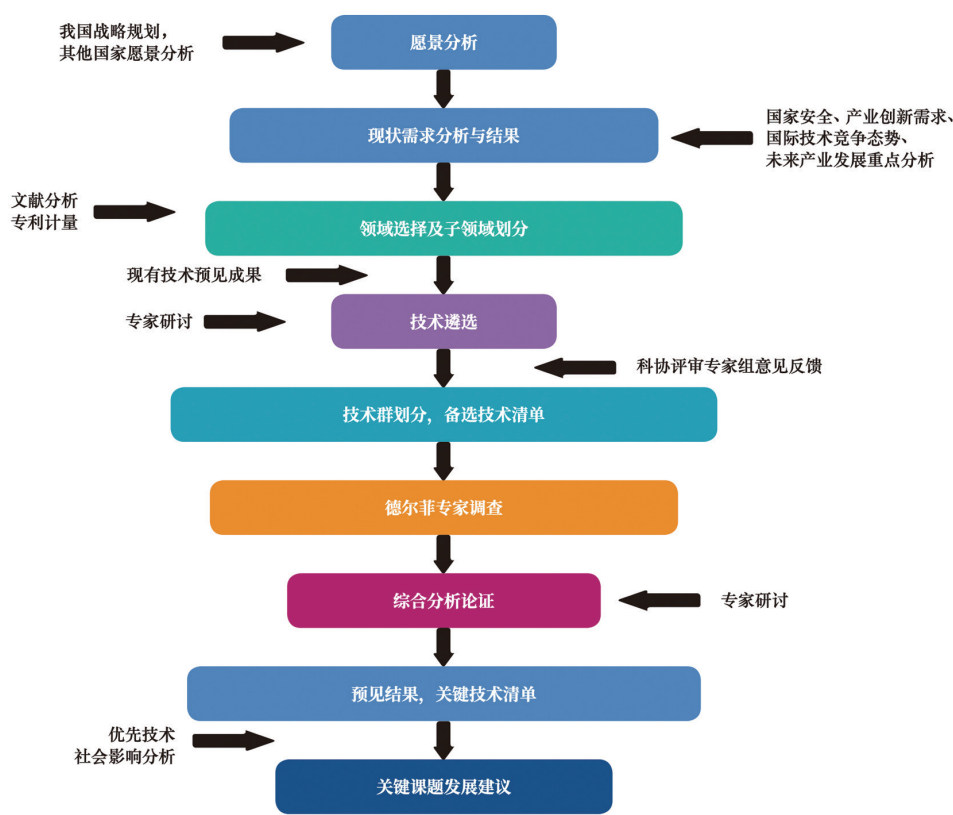


图 2 集成电路产业技术预见流程图

前期研究中，通过文献计量，得到领域内热点关键技术的发展情况，对技术前沿与相关预见成果展开分析。通过调研近年来集成电路重要著作、优秀论文，结合专家预判，归纳得到集成电路设计、封装、制造、材料四大领域技术关键词，再通过检索结果回溯关键词，扩充范围。在 Web of Science 文献数据库检索论文 40 万余篇，中国知网检测专利 15 万余项。梳理美国、日本、英国、韩国技术预见报告，国际器件与系统路线图（IRDS）等，归纳技术预见共性子领域与技术。

2. 形成调查技术清单

首先形成备选技术预见清单，备选项不仅要符合国家经济社会发展的战略目标，同时也应符合世界科技发展前沿方向。技术预见备选项应当可预见未来十至二十年内能取得的有效进展，有望取得大规模应用，且在现阶段具备相当的研究和应用基础，有一定的竞争力。备选中应覆盖有可能成为颠覆性技术的技术以及有可能实现大规模应用的技术。

通过对领域发展愿景、产业现状需求进行分析，和对文献分析和专利计量分析以及对现有其他国家预见成果的吸收提炼，形成了备选调查技术清单。备选技术清单制定按照“领域－子领域－技术群（技术项）”划分，如表 1 所示。共划分为 5 个领域：设计、封装、制造、材料、其他前沿技术领域及技术，以及 9 个子领域和 44 个备选技术群。各子领域包含技术群个数如下图 3 所示。

表1 集成电路产业技术预见领域划分

领域	子领域
设计	先进计算技术、新型存储技术、器件模拟与设计软件
封装	先进封装技术
制造	先进工艺制程技术、集成电路设备
材料	新型半导体材料
其他前沿技术领域及技术	新型结构器件、新型集成电路方向

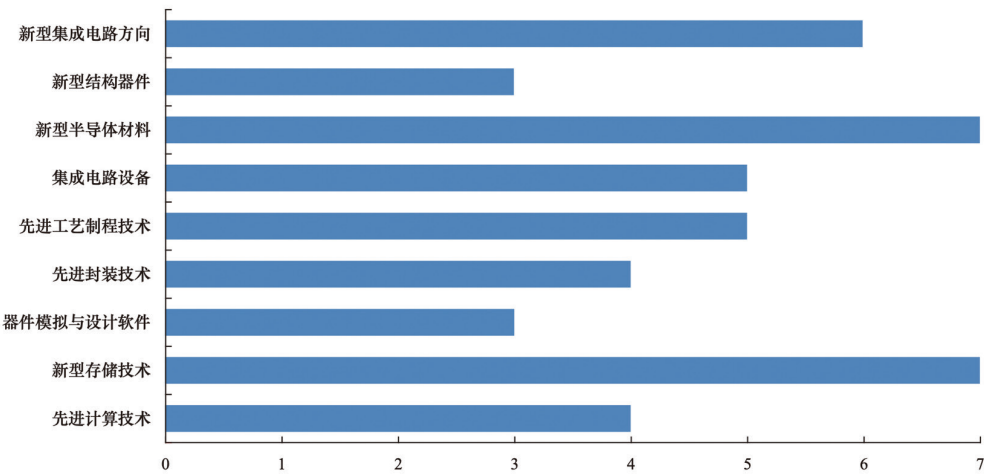


图3 各子领域技术群个数

3. 评价指标体系与调查过程

集成电路产业技术预见的问卷设置的主要评价指标有：技术重要性、国际领先程度、领域影响程度、技术实现时间、技术发展制约因素。

此外根据专家熟悉程度设置答卷权重，将熟悉程度进行权重划分，为使德尔菲调查结果更加可靠并提高问卷结果的权威性，去掉选择不熟悉项目的评分。

调查技术课题的实现时间时，设立“2021—2025、2026—2030、2031—2035、无法预见”四个备选项。采用均值法，对

每个选项赋值为 2023、2028、2033、2038，每个选项专家选择占比为 P_{2023} 、 P_{2028} 、 P_{2033} 、 P_{2038} 。最终实现时间计算公式为：

$$\text{最终实现时间} = 2023 \times P_{2023} + 2028 \times P_{2028} + 2033 \times P_{2033} + 2038 \times P_{2038}$$

式 (1)

通过网页问卷和专家研讨方式进行德尔菲调查，调查群体包括高校院所、科研机构和集成电路企业行业的专家学者等。调查时间为 2020 年 8 月初至 9 月中旬。

最终技术清单包括技术重要程度最高的前 10 个技术群，技术重要程度设置 0-10 分值可供专家选择。基于预见调查结果，去掉偏差项，得到了德尔菲调查的统计分析结果。技术群对领域的影响程度这一问题包括“国家安全、产业升级、社会发展、生活质量”四个领域，参调专家选择该技术产生影响最大的两个领域，某领域最重要的技术课题清单包括对该领域影响占比最大的前 10 个技术群。

三、技术预见调查结果分析

1. 技术重要性分析

结合对前期的发展愿景的分析，分析行业发展技术需求和前沿技术热点文献，在行业专家多次修正后，得到初步技术预见清单，通过德尔菲调查得到关键技术预见清单（表 2）。

表2 集成电路产业关键技术清单

排名	子领域	技术群	技术重要程度
1	先进工艺制程技术	光刻技术：极紫外光刻（Extreme-UV lithography, EUVL）、多电子束直写/光刻技术（Multiple-e-beam maskless lithography/M-EBDW）、纳米压印技术（Nanoimprint lithography, NLL）、多重图形技术（Multiple-pattern lithography）、定向自组装（Directed Self-assembly, DSA）、离子束光刻（Ion beam lithography）、高端光刻设备、光刻胶（Photoresist）技术	9.43
2	器件模拟与设计软件	EDA软件：半导体技术计算机辅助设计、云端EDA设计技术	9.31
3	器件模拟与设计软件	纳米尺度半导体器件模拟：蒙特卡洛器件模拟、准弹道输运	8.78
4	先进封装技术	三维集成封装技术：TSV（硅通孔技术）、2.5D Interposer（2.5D硅转接板）、WoW（多晶圆堆叠技术，Wafer-on-Wafer）、3D IC（3D 集成电路）、Chiplet模块化与接口技术	8.71
5	集成电路设备	刻蚀设备：栅刻蚀机、介质刻蚀机、CMP化学机械抛光	8.71
6	集成电路设备	沉积设备：原子层沉积、等离子体化学气相沉积（PECVD）、气相外延设备（Epi）、PVD物理气相沉积	8.64
7	新型集成电路方向	人工神经网络集成电路	8.61
8	新型半导体材料	宽禁带半导体材料：氮化镓（GaN）材料、碳化硅（SiC）材料、氧化锌材料（ZnO）、氧化铝材料	8.60
9	先进工艺制程技术	高介质金属栅工艺	8.59
10	新型存储技术	3D NAND技术	8.54

2. 技术课题的实现时间分析

集成电路产业关键技术的实验室发明时间较为乐观，德尔菲调查结果认为关键技术实验室实现时间均在未来 5 到 10 年内（表 3）。10 个集成电路产业关键技术群的实验室平均实现时间在 2029 年。

集成电路社会推广时间普遍较实验室实现时间晚 2 到 3 年，主要推广时间在 2028 至 2033 年，如表 4 所示，平均社会推广时间在 2031 年。

表3 关键技术清单的实验室实现时间

2026	2027	2028	2029	2030
3D NAND技术群	宽禁带半导体材料技术群	刻蚀设备技术群	沉积设备技术群	高介质金属栅工艺技术群
	人工智能神经网络集成电路技术群	EDA软件技术群	三维集成封装技术群	纳米尺度半导体器件模拟技术群
				光刻技术群

表4 关键技术清单的社会推广时间

2028	2029	2030	2031	2032	2033
3D NAND技术群	宽禁带半导体材料技术群	人工智能神经网络集成电路技术群	EDA软件技术群	高介质金属栅工艺技术群	光刻技术群
		沉积设备技术群		纳米尺度半导体器件模拟技术群	
		刻蚀设备技术群			
		三维集成封装技术群			

3. 技术的影响分析

集成电路是国家信息产业发展的关键和基础，关键技术课题的自主化研发确保信息技术产业发展不受制于人，集成电路领域对国家安全有重要影响的技术课题为当前自主化程度较低而应用占比程度却非常高的技术如 EDA、光刻技术，以及最新的技术发展方向如量子集成电路、全光计算等。从对产业升级的影响程度看，最重要的技术为集成电路设备领域的过程检测技术群（表 5）。

表5 对各领域影响最大的10项技术

对保障国家安全最重要的10项技术课题	对促进产业升级最重要的10项技术课题	对促进社会发展最重要的10项技术课题	对提升生活质量最重要的10项技术课题
EDA软件技术群	过程检测技术群	超低介电常数和空气隙技术群	柔性半导体器件技术群
量子集成电路技术群	高介质金属栅工艺技术群	拓扑绝缘体技术群	3D NAND技术群
光刻技术群	宽禁带半导体材料技术群	三维集成封装技术群	边缘式计算技术群
先进并行计算技术技术群	碳纳米管技术群	可重构计算集成电路技术群	新型DRAM技术群
新架构计算技术群	扩散离子注入技术群	PRAM技术群	先进晶圆/基板封装技术群
全光计算技术群	鳍式场效应晶体管技术群	先进晶圆/基板封装技术群	FRAM技术群
沉积设备技术群	石墨烯与二维金属硫化物材料技术群	存算一体化芯片技术群	PRAM技术群
宽禁带半导体材料技术群	等离子体掺杂技术群	集成微系统技术群	RRAM技术群
鳍式场效应晶体管(FinFET)技术	刻蚀设备：栅刻蚀机、介质刻蚀机、CMP化学机械抛光	碳纳米管技术群	三维集成封装技术群
太赫兹集成电路技术群	沉积设备技术群	FRAM（铁电存储器）	人工智能神经网络集成电路

4. 技术发展的制约因素

（1）实验室技术实现的制约因素分析

制约集成电路产业领域实验室技术实现的因素如图 4 所示。其中制约集成电路产业领域实验室技术实现程度最大的因素为高层次人才及团队，其次是科学原理突破因素。其中受科学原理突破制约最大的技术群是全光计算技术群，受相关学科发展情况制约最大的是纳米线材料技术群，受学科交叉程度制约最大的是过程检测技术群，受高层次人才及团队制约最大的是 EDA 软件技术群，受研发资金制约最大的是先进晶圆 / 基板封装技术群，受研发设施设备制约最大的是先进晶圆 / 基板封装技术群，受产学研合作制约最大的是边缘式计算技术群，受国内政策支持制约最大的是新型 DRAM 技术群，受国外竞争限制制约最大的是 EDA 软件技术群。

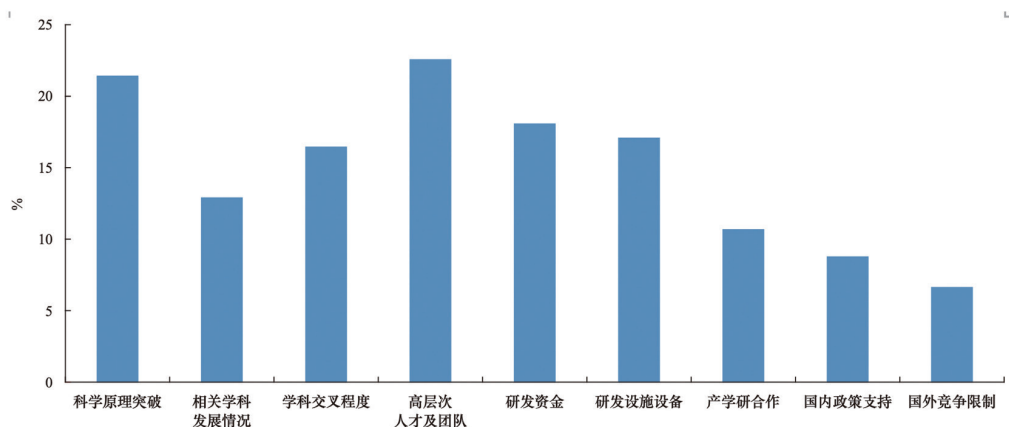


图 4 实验室技术实现的制约因素占比分布

(2) 技术应用推广和普及的制约因素分析

制约集成电路产业领域技术应用推广和普及的因素如图 5 所示。制约集成电路产业领域技术应用推广和普及程度最大的是产业链配套能力，其次是社会或风险资金。其中受社会或风险资金制约最大的是认知无线电集成电路技术群，受成果转化中试基地制约最大的是碳纳米管技术群，受产业链配套能力制约最大的是低维半导体材料技术群，受科技中介服务制约最大的是三维集成封装技术群，受公众需求制约最大的是技术群，受市场竞争程度制约最大的是新型 DRAM 技术群，受危害性或伦理风险制约最大的是认知无线电集成电路技术群，受国内示范推广制约最大的是碳纳米管技术群，受国外限制竞争制约最大的是光刻技术群。

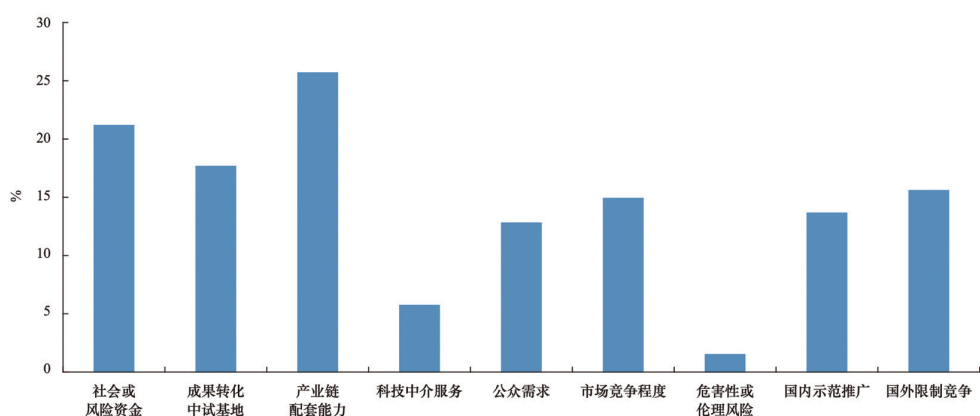


图 5 技术应用推广和普及的制约因素占比分布

5. 我国技术课题领先程度分析

根据德尔菲调查结果，目前我国集成电路领域在国际上整体领先程度处于中低程度（表 6）。我国相对领先的技术是碳纳米管，其次是低维半导体材料、纳米线材料。从领域上看，我国相对领先的技术方向主要为新型半导体材料方向，具体技术分别是碳纳米管、低维半导体材料、纳米线材料、石墨烯（Graphene）与二维金属硫化物材料、拓扑绝缘体、宽禁带半导体材料。

表6 我国集成电路领域技术发展水平

我国领先国际平均水平的10项技术课题	我国接近国际平均水平的10项技术课题	我国落后国际平均水平的10项技术课题
碳纳米管技术群	柔性半导体器件技术群	EDA软件技术群
低维半导体材料技术群	边缘式计算技术群	超低介电常数和空气隙技术群
纳米线材料技术群	新架构计算技术群	过程检测技术群
石墨烯与二维金属硫化物材料技术群	PRAM技术群	微粒模拟技术群
边缘式计算技术群	先进并行计算技术群	纳米尺度半导体器件模拟技术群
神经网络集成电路	先进晶圆/基板封装技术群	等离子体掺杂技术群
拓扑绝缘体技术群	石墨烯与二维金属硫化物材料技术群	全光计算技术群
新型结构场效应晶体管器件技术群	量子集成电路技术群	高介质金属栅工艺技术群
宽禁带半导体材料技术群	3D NAND技术群	FRAM技术群
RRAM技术群	神经网络集成电路技术群	鳍式场效应晶体管技术群

目前我国最接近国际水平的技术是柔性半导体器件，其次是边缘式计算技术和新架构计算技术。从领域上看，先进计算技术领域接近国际水平程度较高，技术有 3 项，分别是边缘式计算技术、新架构计算技术、先进并行计算技术。

目前我国落后国际水平程度最高的技术是 EDA 软件，其次是超低介电常数和空气隙技术、过程检测。器件模拟与设计软件和先进工艺制程技术领域落后程度较高，分别有 3 项技术入选。

四、发展建议

1. 关键技术的发展路径建议

（1）集中力量重点突破光刻技术，统筹推动发展半导体 EDA 等“卡脖子”技术。

光刻技术当前应重点发展的方向是 IC 前道光刻机，由于技术最为复杂、难度最大，因此需求量和价值量在所有光刻机中都是最高的，中国目前与国外先进水平存在不小差距，也是亟须突破的关键领域。国内光刻机市场，除了应用于 IC 前道光刻机在不断发展之外，封装光刻机以及 LED/MEMS/ 功率器件光刻机的市场也处于不断发展壮大中。

当前，国产 EDA 软件在国内已被集成电路行业争相开发，EDA 软件在一定程度上推动了 EDA 国产化进程。但同时开发方众多，存在四处开花、不能互通、开发无序等低层次竞争，不利于行业整体发展。面对这一局面，统一规范国产 EDA 软件开发，设立相应的规范势在必行，例如，可以制定功能模块、数据库、用户交互界面等开发规范。同时，增加面向超算平台和云平台的云上架构。

（2）创新发展先进封装和三维集成封装技术。

发展集成电路封装技术，首先要针对我国集成电路封装的发展战略，制定相应的发展规划，其次应当塑造集成电路封装的科研与生产的有效体系，并且应倡导和大力发展属于我国自主知识产权的原创技术。面对当前众多种类的三位集成需要，应不断创新发展先进封装技术。优先发展当前封装领域的先进技术，如倒装芯片 Flip-Chip、晶圆级封装 WLCSP、Fan-Out、Embedded IC、3D WLCSP、3D IC 等封装热点技术。同时还应该大力发展有关工艺和相关支撑技术，比如微凸点、再布线、植球、C2W、W2W、拆键合、TSV 工艺等。

（3）努力推动刻蚀、沉积等集成电路设备水平提升。

刻蚀设备是集成电路制造过程中复制掩模上图案的关键步骤，是实现制造的重要技术手段，应优先发展当前主流的刻蚀手段如高密度等离子体刻蚀。近些年，我国的刻蚀设备有了较好的发展，技术程度已经具备相当水平。在 65nm 到 7nm 的尺度上都有一定的应用，且取得了一定的产业化进展。刻蚀设备在今后的一段时期应实现 7nm、5nm 的相关刻蚀应用。为进一步接近国际水平，今后应当培育刻蚀设备领域的下游应用和推广，推动技术进步。

沉积设备的发展关键在于提升设备的国产化率，实现自主化。目前我国沉积设备的国产化率非常低，只有 2%，严重依赖进口。沉积设备是集成电路内晶圆制造产出过程中重要的一环，沉积设备技术群中，应当优先发展原子层沉积、等离子体化学气相沉积（PECVD）、气相外延设备（Epi）、PVD 物理气相沉积等沉积环节关键技术。

（4）重视人工神经网络等新架构计算，助力集成电路领域弯道超车。

人工神经网络集成电路应将突破点放在半监督的学习方法上，同时应注重其与大数据技术的结合发展，这是由于附带标签的大数据是当前深度卷积神经网络技术所必需的要素之一，应重点关注半监督、无监督深度卷积网络。同时这类深度卷积神经网络还应具备“特征提取+知识推理”的特点，这将成为未来神经网络可能的突破点并具有很大的应用前景。应大力推进深度强化学习技术发展，深度强化学习技术可以匹配最优策略的函数，从而进行决策。同时，这种技术也无须依赖完备大数据，深度强化学习在认知层面进行探索，在未来有非常好的发展潜力和应用前景，发展意义非常重大。

（5）布局推动新型半导体材料与先进集成电路器件研发，夯实关键工艺。

加大对第三代半导体衬底和外延材料设备及成套工艺的开发。着重对第三代半导体功率器件制造中关键工艺进行开发，并联合设备厂商加快配套集成工艺设备的研制，使实际器件工艺开发和设备研制形成有效反馈。建设第三代半导体制造工艺中试线，着重攻克单个器件和单片集成中的工艺整合难点。建设第三代半导体功率系统可靠性测试平台，促进和产业界合作，对器件、模块及系统的失效机制进行系统研究。建立第三代半导体功率系统测试标准。

在上游设计和系统集成方面，扶持早期第三代半导体相关芯片设计公司，鼓励系统应用厂商敢于大规模试用，验证第三代半导体在系统上的优势，并反馈给器件和芯片设计公司用以加速技术迭代。鼓励初创公司大胆进行各种参考设计，例如，先进模块设计以及围绕第三代半导体功率器件的外围电路设计，加快第三代半导体在各个可能领域的试验与应用。

2. 保障集成电路领域发展的建议

（1）完善产业政策环境，加大知识产权的保护力度，推动要素资源自由流动。

加快知识产权体系建设，采取更严格的知识产权保护制度对集成电路领域有不可忽视的重要性。由于集成电路的行业特性，很多知识产权需要企业集中大量优秀人才长时间投入和研发才能成功，研发和创新的成本极高，但仿制侵权成本很低。如果创新企业的知识产权不能得到有效保护，企业前期投入就没有办法得到应有的市场回报，技术创新不能形成正向循环，从而创新企业没有办法进行持续投入，最终，导致产业不能持续健康发展。

（2）加快专业人才和技术团队的培养，推动产学研用深度融合发展。

人才作为集成电路产业发展的第一资源，受到了中央和各级政府部门的高度重视，《国家集成电路产业发展推进纲要》《教育部等七部门关于加强集成电路人才培养的意见》等系列政策文件对集成电路产业发展中如何解决好人才培养和配套的问题提出了明确的目标要求。做好我国集成电路产业人才现状的统计和分析，摸清我国集成电路产业的“人才家底”，对于加快我国集成电路产业人才队伍建设具有重要的现实意义。

（3）集中资源、重点投入，实施强强联合大企业策略。

积极参与国际竞争。国际上集成电路设备的集中度越来越高，技术难度越来越大，对人才团队、研发投入、企业实力等方面要求很高，如果没有强大的综合实力和产业规模，就很难与国际龙头企业竞争。设备厂商与芯片制造商应提高软硬件结合能力，优化现有设备，最大化发挥现有设备作用。

（4）利用有限的资金、技术和人才，选择突破口，重点发展基础芯片。

就芯片行业的整个生态体系而言，我国与美国的差距还很大。若想完全摆脱美国的控制，尚需要经历相当长的时间才可能实现。因此从战略上考虑，要利用有限的资金、技术和人才，选择突破口，从芯片产业的某几个领域尽快实现技术的突破，达到量产，抢占市场；然后利用所积累的技术和资金再扩大战果，最终完全摆脱美国的控制，实现全面突破。

（5）充分发挥市场优势，引导产业链的上下游协同创新，带动全产业链发展。

要按照市场化的原则，持续优化产业环境，推动协同创新，加快人才培养，深化国际合作，加快集成电路的产业发展。发挥企业创新的主体作用，推动产学研用深度融合发展，推动集成电路领域相关制造业创新中心的建设，加快关键共性技术的研发，加大人才引入力度。充分发挥市场优势，引导产业链的上下游协同创新，带动全产业链发展。推动开放发展，加强国际合作。

五、结语

本文通过德尔菲调查的方法对集成电路领域关键技术展开预见，通过前期文献专利计量与分析，分析总结其他国家预见成果和集成电路领域前沿热点技术，得出集成电路领域 44 项技术群作为预见调查备选技术清单，通过问卷调查和统计分析，对技术重要性、技术课题的实现时间、技术的影响、制约技术实验室推进和应用的制约因素以及技术课题的目前领先国家和地区进行了分析，得出了集成电路领域关键技术群清单和预计实现时间，对国家安全、产业升级、社会发展、生活质量领域

影响最大的技术清单。根据集成电路预见结果，综合分析技术重要性与当前我国技术水平、约束条件，针对 10 个关键技术群提出了发展路径建议。

（作者：中国科协创新战略研究院课题组）



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 21 期（总第 449 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 3 月 15 日

新能源关键技术预见的研究

〔按〕为推进我国新能源关键技术领域的技术创新，采用德尔菲法进行调查，开展了新能源电力、新能源汽车、电力存储等新能源关键技术领域的技术预见研究，明确了技术实现时间、重要技术课题、制约因素和领先国家或地区，确定了 10 项优先发展的关键共性技术课题。分析结果表明，这 10 项技术课题在 2030 年前后将实现大规模普及应用，支持新能源产业加速发展和融合发展，支撑构建形成高比例新能源的新型能源体系，将能够保障我国能源安全、提高人民生活质量、促进社会经济的可持续发展。

新能源是指采用新技术和新材料正在开发利用的新型能源，既包括风能、太阳能、生物质能等可再生能源，也包括核能、氢能等其他非化石能源，新能源技术也泛指能源领域的新技术和新装备，如采用电力驱动技术的新能源汽车等。

高比例新能源是 2050 年我国新型能源体系的主要特征。

按照《能源生产和消费革命战略（2016—2030 年）》的要求，2020 年我国能源消费总量控制在 50 亿吨标准煤以内，2030 年控制在 60 亿吨标准煤以内，2050 年能源消费总量基本稳定；2020 年非化石能源占比 15%，2030 年占比 20%，2050 年占比超过一半。可以预见，未来非化石能源发展将主要依赖风能、太阳能等新能源，有分析认为，我国风能、太阳能预计分别于 2030 年、2040 年成为主要的非化石能源品种。

根据我国新能源领域发布的战略规划和相关研究结果，我国将新能源电力、新能源汽车、电力存储作为推动新能源发展的关键领域。面向 2050 年，我国能源生产和消费以高比例新能源电力生产和消费为特征，纯电动汽车将成为主流，电力系统将由“源－网－荷”转变为“源－网－荷－储”，汽车将从单纯交通工具转变为移动智能终端、储能单元和数字空间，推动能源体系转变为绿色低碳、智慧化、多元化、互联互通的新型能源体系，对于我国经济社会的发展将产生重大影响。

构建高比例新能源的新型能源体系实质上是重塑以化石能源为主体能源体系，既要解决新能源产业大规模发展的关键问题，也要解决能源生产、消费结构的重塑问题，新能源发展将以加速发展和融合发展为主要特征，必须以技术创新为支撑。当前，国内研究机构对我国能源领域开展了技术预见研究，明确了新能源领域技术优先发展方向，而对于具体的新能源关键技术预见的研究尚不多见。在新能源加速发展和融合发展的新情形下，开展新能源电力、新能源汽车、电力存储关键技术预见的研究，分析其社会经济影响，提出相关政策建议，对于推动我国新能源技术的创新发展、支撑构建绿色低碳安全高效的新型能源体系具有重要意义。

一、研究方法

采用德尔菲法开展技术预见的研究，邀请了行业专家组建技术预见专家组，遴选新能源关键技术领域的备选技术课题，组织开展了两轮基于德尔菲法的调查。

1. 遴选新能源关键技术领域的技术课题

根据新能源技术领域学科交叉的特点，采用技术课题作为基础数据开展德尔菲法调查，一方面能够体现新能源关键技术内容的科学性和学科交叉融合的特征，另一方面也能够体现新能源关键技术的可行性和发展水平。遴选技术课题的基本原则是符合国家战略发展需求和发展现状、预期未来 10 ~ 20 年取得重大突破、符合国际前沿技术方向，并关注未来可能形成的颠覆性技术。针对国家战略发展需求重点分析了我国政府部门发布的法律法规、发展规划、发展战略所确定的目标、任务，而对于发展现状需求分析主要采纳了政府部门、行业组织和国际组织发布的产业分析报告、年度发展报告等；技术课题主要来源于对新能源关键技术领域前沿技术分析、技术预见研究的结果，前沿技术分析以政府部门发布的产业发展规划、科技规划、科技计划（如国家重点研发计划）和最新发表论文专著为主要参考数据，技术预见研究结果主要依据《能源技术革命创新行动计划（2016—2030 年）》明确的技术创新路线图、《新能源汽车产业发展规划（2020—2035）》确定的技术需求和中国科学院、中国工程院开展技术预见研究和战略研究得出的研究结论。

对我国新能源关键技术领域进行战略需求分析、发展现状需求分析和国际前沿技术分析、技术预见研究结果分析，提出了 64 项技术课题，再经过技术预见研究专家组进行充分论证，

最终确定了对新能源关键技术领域的 55 项技术课题（表 1）进行德尔菲调查。55 项技术课题分为新能源电力、新能源汽车和电力存储三个关键技术领域，进一步划分为风能发电技术、光伏发电技术、动力电池技术、新能源汽车和新能源电力的集成应用技术（简称新能源汽车融合技术）、电化学储能技术、物理储能技术、储能集成应用技术（简称储能应用技术）7 个技术子领域。

表1 新能源技术领域备选技术课题清单

序号	技术领域	技术子领域	技术课题
1	新能源电力	风能发电技术	复杂风资源的评估方法和风能发电场的设计方法
2			10MW级及以上大型风电机组的关键技术
3			大型海上风电场设计与发电成套关键技术
4			适合我国风资源特点的低风速风电机组的关键技术
5			高空风电机组的研制与配套风电场的设计建设
6			电网友好且与其他电源协同运行的智能化风电场技术
7			风电设备回收处理及循环再利用技术
8			超导风力发电机组的关键技术
9	新能源电力	光伏发电技术	高效晶硅太阳能电池材料制备及器件的关键技术
10			新型高效薄膜太阳能电池的关键技术
11			高转化效率高稳定性钙钛矿太阳能电池的关键技术
12			高效光伏环保型功能材料技术
13			高可靠光伏建筑一体化智能微网技术
14			50MW级储热光热与光伏/风电互补的混合发电示范应用的关键技术
15	新能源汽车	动力电池技术	晶硅光伏组件回收处理和再利用技术
16			锂离子动力电池关键材料性能提升与矿产资源开发利用水平提升的关键技术
17			高安全长寿命300Wh/kg以上锂离子动力电池的关键技术
18			比能量≥400Wh/kg新型锂离子电池及其关键材料技术
19			高比能量（≥350Wh/kg）固态锂离子电池及其关键材料技术
20			比能量≥500Wh/kg的新型动力电池及关键材料技术
21			高安全智能化动力电池系统
22			动力电池梯级利用及循环利用的关键技术
23			基于光、热、电传感的电池“健康”和“安全状态”监控技术
24			电池性能的自感知、自修复与自愈合技术
25			基于人工智能（AI）的全新材料及电池开发策略
26			电池性能关键界面的动态识别与预测、控制技术
27			高效低电磁辐射无线充电技术

表1 新能源技术领域备选技术课题清单

(续表)

序号	技术领域	技术子领域	技术课题
28	新能源汽车	动力电池技术	高安全高功率高比能固态锂离子电池
29			内串式固态电池的关键技术
30			功率型和能量型复合电池动力系统
31			基于固态电池的全气候动力电池系统
32	新能源汽车	新能源汽车和新能源电力的集成应用技术	新能源汽车智能有序充电的技术
33			新能源智能汽车和智能电网能量互动（V2G）的关键技术
34			“光储充放”（分布式光伏-储能系统-充放电）多功能综合一体站的关键技术
35			智慧城市新能源智能汽车应用示范的关键技术
36			智能充电基础设施服务平台的关键技术
37			建立新能源汽车设计生产、质量安全、试验方法等方面的国际互认的标准体系
38			低成本长寿命的磷酸铁锂储能电池的关键技术
39	电力存储	电化学储能技术	高安全长寿命低成本的大规模锂离子电池储能电站的关键技术
40			100MW级低成本全钒液流电池储能电站的关键技术
41			长寿命低成本铅碳电池关键技术
42			大规模高温钠镍电池储能电站的关键技术
43			长寿命高安全钠离子电池及其大规模储能电站的关键技术
44			长寿命低成本快充型的大规模储能电池电站的关键技术
45			汽车动力电池梯级利用于大规模储能电站的关键技术
46			液态金属储能电池的关键技术
47			分布式储能与电网的高效率智能耦合
48			储能器件与系统的失效机制、在线监测与智能修复
49			动态数字化智能储能系统
50			GWh级复合储能电站关键技术
51		物理储能技术	大规模超临界压缩空气储能电站的关键技术
52			大规模飞轮储能阵列机组的关键技术
53			高温超导储能关键技术
54		储能集成应用技术	风光水火储多能互补的大型综合能源基地的关键技术
55			分布式储能大数据平台的关键技术

2. 德尔菲调查

对 55 项技术课题的调查采用《中国科协面向 2035 年的技术预见研究——“德尔菲调查问卷”》，内容包括专家对于技术课题的熟悉程度、在中国的技术实验室实现时间和影响因素、在中国的技术应用推广和普及时间和影响因素、当前中国的研发水平、目前领先国家、对哪两项（A 国家安全、B 产业升级、

C 社会发展、D 生活质量）影响最大等方面。调查工作包括调查专家筛选、两轮基于德尔菲法的调查、调查数据的统计分析、召开专家会议等方面。

在专家筛选方面，遵循专业性、权威性、广泛性原则。按照技术课题划分所属的 7 个子领域筛选专业技术人员，按照所属的 3 个领域筛选权威专家，参与的专家来源于高校、科研机构、骨干企业和行业组织，一般应具有高级技术职称或部门负责人职务。

参与德尔菲调查的专家主要来自于高校、科研院所、企业，在第一轮调查中该比例分别为 44%、24%、29%，第二轮的比例分别为 56%、20%、22%。

对于德尔菲调查统计数据的分析借鉴了“中国先进能源 2035 技术预见”所介绍的方法。按照专家对于技术课题的熟悉程度对回函专家人数进行加权处理，对于“熟悉”“一般”“不熟悉”的回函专家分别赋予的权重是 3、1、0。采用中位数法计算了每个技术课题在实验室实现和推广应用的时间；采用专家认同度，即回函专家选择所评价选项人数（考虑专家对于技术课题熟悉程度的加权人数）占回函专家人数（考虑专家对于技术课题熟悉程度的加权人数）的比例，分析各备选技术课题的单因素重要程度、制约因素、领先国家或地区。

最后，针对德尔菲调查结果的统计分析，组织技术预见专家组专题研讨，确定优先发展的技术课题，分析社会影响，提出政策建议。

二、调查结果分析

根据调查结果，对于技术课题的实现时间、重要课题、制约因素、领先国家或地区等进行了统计分析。

1. 技术课题的实现时间

图 1 和图 2 是 55 项技术课题在实验室实现时间和大规模普及时间及其分布情况，可以看出，超过一半技术课题能够在 2025 年前在实验室实现，2021—2025 年实验室实现技术课题有 32 项，占比 58.2%；2026—2030 年实验室实现技术课题 23 项，占比 41.8%。超过 2/3 的技术课题在 2030 年前能够实现大规模的普及应用，2026—2030 年有 37 项，占比 67.3%；2031—2035 年 18 项，占比 32.7%。实验室技术实现到大规模普及应用的平均年限为 4.1 年。

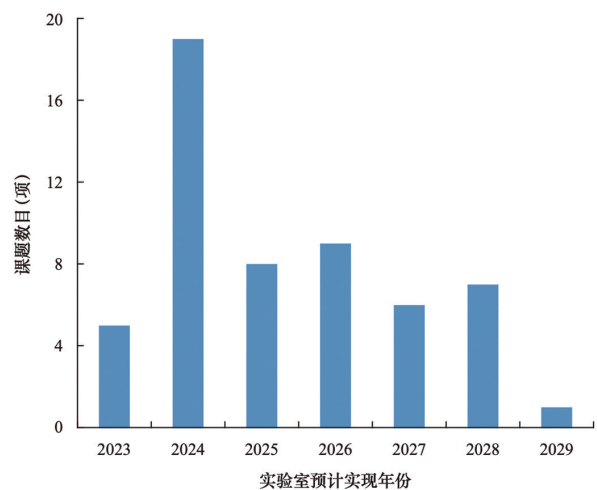


图 1 新能源技术课题实验室预计实现时间

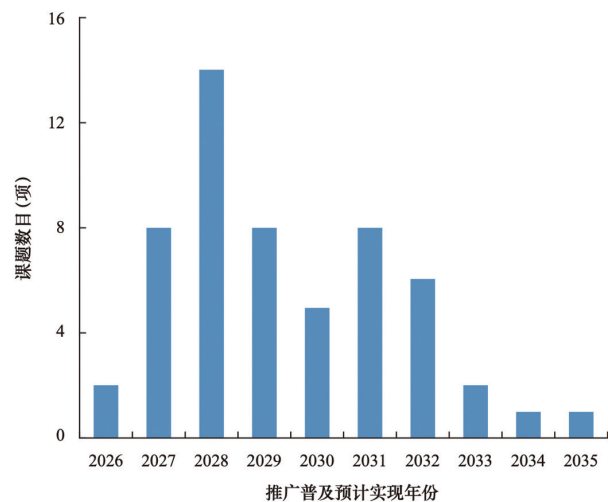


图 2 新能源技术课题推广普及预计实现时间

2. 新能源技术领域最重要技术课题

表2列出了对保障国家安全、促进产业升级、促进社会发展、提升生活质量等四个方面最重要的10项技术课题。

表2 新能源领域最重要的技术课题

排序	保障国家安全	促进产业升级	促进社会发展	提升生活质量
1	建立新能源汽车设计生产、质量安全、试验方法等方面的国际互认的标准体系	储能器件与系统的失效机制、在线监测与智能修复	高可靠光伏建筑一体化智能微网技术	“光储充放”（分布式光伏-储能系统-充放电）多功能综合一体站的关键技术
2	高安全智能化动力电池系统	风光水火储多能互补的大型综合能源基地的关键技术	动态数字化智能储能系统	高效低电磁辐射无线充电技术
3	基于人工智能（AI）的全新材料及电池开发策略	大规模超临界压缩空气储能电站的关键技术	电网友好且与其他电源协同运行的智能化风电场技术	锂离子动力电池关键材料性能提升与矿产资源开发利用水平提升的关键技术
4	电池性能的自感知、自修复与自愈合技术	智能充电基础设施服务平台的关键技术	储能器件与系统的失效机制、在线监测与智能修复	长寿命低成本铅碳电池关键技术
5	复杂风资源的评估方法和风能发电场的设计方法	新型高效薄膜太阳能电池的关键技术	晶硅光伏组件回收处理和再利用技术	长寿命低成本快充型的大规模储能电池电站的关键技术
6	10MW级及以上大型风电机组的关键技术	动态数字化智能储能系统	动力电池梯级利用及循环利用的关键技术	高可靠光伏建筑一体化智能微网技术
7	内串式固态电池的关键技术	比能量 $\geq 500\text{Wh/kg}$ 的新型动力电池及关键材料技术	建立新能源汽车设计生产、质量安全、试验方法等方面的国际互认的标准体系	新能源智能汽车和智能电网能量互动（V2G）的关键技术
8	高空风电机组的研制与配套风电场的设计建设	高转化效率高稳定性钙钛矿太阳能电池的关键技术	基于光、热、电传感的电池“健康”和“安全状态”监控技术	晶硅光伏组件回收处理和再利用技术
9	“光储充放”（分布式光伏-储能系统-充放电）多功能综合一体站的关键技术	比能量 $\geq 400\text{Wh/kg}$ 新型锂离子电池及其关键材料技术	10MW级及以上大型风电机组的关键技术	智能充电基础设施服务平台的关键技术
10	分布式储能与电网的高效率智能耦合	高安全长寿命 300Wh/kg 以上锂离子动力电池的关键技术	高安全长寿命 300Wh/kg 以上锂离子动力电池的关键技术	智慧城市新能源智能汽车应用示范的关键技术

从技术领域分布看，对于保障国家安全，新能源汽车技术领域占大多数，占有6项，还有3项是新能源电力技术领域，1项是电力存储技术领域；对于促进产业升级，新能源电力、新能源汽车和电力存储分别为2项、5项和3项；对于促进社会发展，新能源电力、新能源汽车均为4项，电力存储2项；对

于生活质量方面,新能源电力、新能源汽车和电力存储各有2项、6项和2项。由此可以看出,在保障国家安全和促进社会发展方面,新能源电力、新能源汽车两个技术领域较为重要,而对于促进产业升级和提升生活质量,新能源汽车更显重要性。

3. 技术课题的制约因素

调查结果表明,新能源关键技术领域的技术课题在实验室的技术实现更多地受制于学科交叉程度、产学研合作、相关学科发展情况、国内政策支持等四个方面,较少地受制于高层次人才及其团队、研发资金、研发设施设备、科学原理突破,而国外竞争限制没有被认可为第一或第二制约因素(图3)。研究结果一方面反映了新能源关键技术领域技术课题多学科交叉的特征,也反映出我国具备了较好的人才队伍。

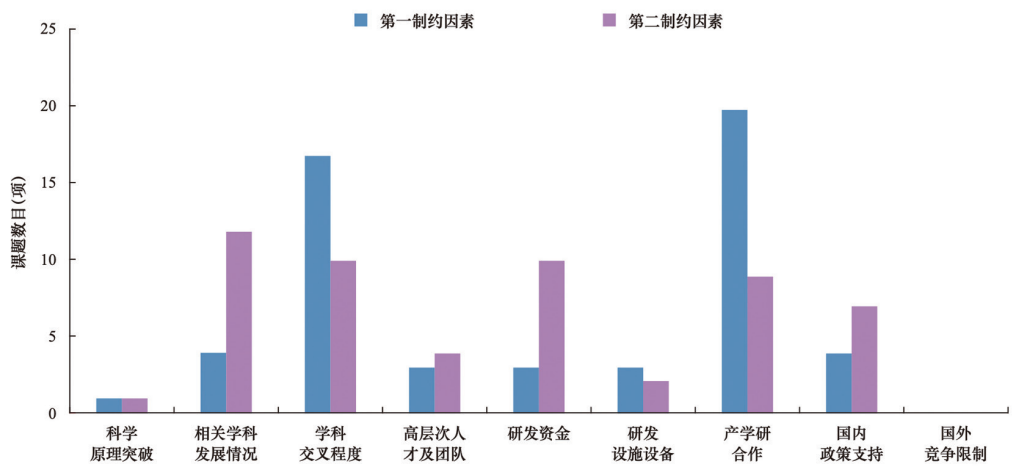


图3 实验室实现的第一制约因素和第二制约因素

对于技术课题的应用推广和普及,则更多地受制于产业链配套能力、成果转化中试基地、国内示范推广等三个方面(图4)。产业配套能力、成果转化中试基地、国内示范推广等是促进科技成果从实验室向产业化转移的基础,因此,可以认为,新能源关键技术领域应用推广和普及主要受制于科技成果从实

验室向产业化转化的创新能力，而较少受制于市场因素和国外竞争限制。

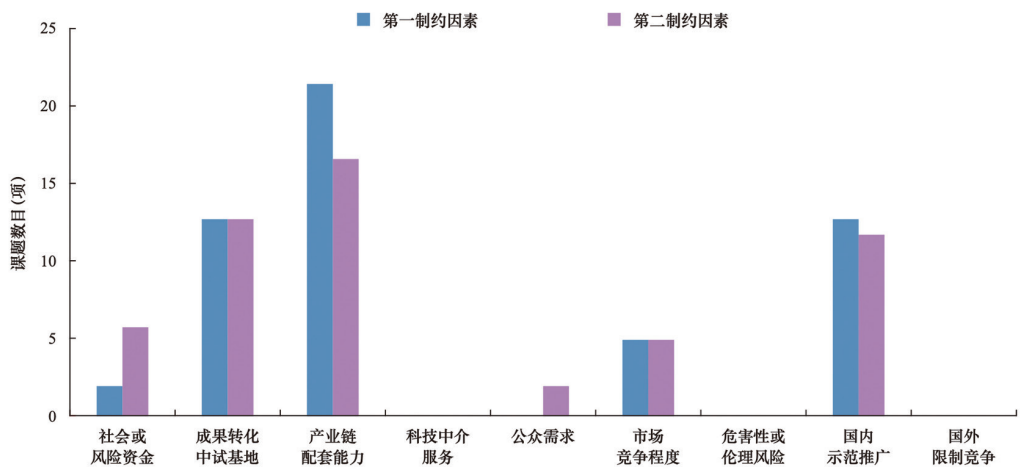


图 4 应用推广和普及的第一制约因素和第二制约因素

4. 技术课题领先的国家或地区

图 5 是备选技术课题领先国家或地区的分布情况。对于 55 项技术课题调查表明，美国领先的 30 项技术课题主要分布在新能源汽车、电力存储两个技术领域；日本领先技术 13 项课题，分布在新能源汽车、电力存储两个技术领域；欧洲领先的 8 项技术课题，分布在新能源电力（以风能发电为主）技术领域。我国有 4 项技术课题达到了国际领先的排名第一，均为电力存储中电化学储能技术子领域的课题。

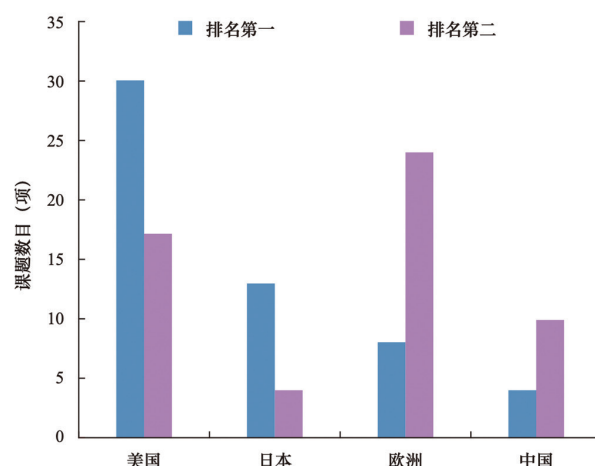


图5 备选技术课题领先国家或地区的情况

三、优先发展技术课题及其影响

1. 优先发展技术课题

经过专题研讨和专家咨询、综合研判后，确定了我国新能源关键技术领域需要优先发展技术课题，计 10 项（表 3）。可以看出，新能源关键技术领域优先发展关键共性技术体现了三个方面的发展需求和趋势，一类代表了新能源发展的前沿技术方向，能够支持解决产业加快发展亟待解决的关键问题，如“10MW 级及以上大型风电机组的关键技术”“高安全长寿命 300Wh/kg 以上锂离子动力电池的关键技术”“大规模超临界压缩空气储能电站的关键技术”；一类是体现了新能源发展融合互联网、云计算、大数据、现代通信息等技术的智能化趋势，如“电网友好且与其他电源协同运行的智能化风电场技术”“高可靠光伏建筑一体化智能微网技术”“智能充电基础设施服务平台的关键技术”“储能器件与系统的失效机制、在线监测与智能修复”“GWh 级复合储能电站关键技术”；第三类是未来可能形成的颠覆性技术，如“比能量 $\geq 500\text{Wh/kg}$ 的新型动力电池及关键材料技术”“基于人工智能(AI)的全新材料及电池开发策略”。

表3 新能源关键技术领域的优先发展技术课题

序号	课题名称	子领域	技术实现时间		领先国家或地区		制约因素			
			实验室实现	大规模普及	第一	第二	实验室技术实现		推广应用和普及	
							第一	第二	第一	第二
1	10MW级及以上大型风电机组的关键技术	风能发电	2024	2028	欧洲	美国	研发设施	相关学科发展	产业配套	中试基地
	电网友好且与其他电源协同运行的智能化风电场技术	风能发电	2026	2027	欧洲	美国	产学研合作	高层次人才队伍	产业配套	国内示范
3	高可靠光伏建筑一体化智能微网技术	光伏发电	2026	2031	欧洲	中国	学科交叉程度	相关学科发展	产业配套	国内示范
	高安全长寿命300Wh/kg以上锂离子动力电池的关键技术	动力电池	2024	2027	美国	日本	产学研合作	研发资金	中试基地	产业配套
5	新型动力电池及关键材料技术	动力电池	2029	2034	美国	日本	科学原理	高层次人才队伍	中试基地	产业配套
	基于人工智能（AI）的全新材料及电池开发策略	动力电池	2028	2032	美国	日本	学科交叉程度	科学原理	产业配套	中试基地
7	智能充电基础设施服务平台的关键技术	新能源汽车融合	2024	2026	美国	中国	国内政策支持	学科交叉程度	产业配套	国内示范
8	储能器件与系统的失效机制、在线监测与智能修复	电化学储能	2027	2029	日本	美国	学科交叉程度	产学研合作	社会资本	产业配套
	大规模超临界压缩空气储能电站的关键技术	物理储能	2024	2028	美国	欧洲	产学研合作	国内政策	国内示范	社会资本
10	GWh级复合储能电站关键技术	电化学储能	2025	2028	美国	日本	产学研合作	学科交叉程度	国内示范	中试基地

从技术实现时间看，实验室实现时间范围为2024—2029年；大规模应用普及的时间范围为2026—2034年。学科交叉程度和产学研合作为技术实验室实现的主要制约因素；产业链配套为技术大规模普及应用的主要制约因素。美国在该10项技术领域占据绝对优势，排名第一的有6项、欧洲3项。我国在“高可靠光伏建筑一体化智能微网技术”和“智能充电基础设施服务平台的关键技术”表现出一定优势，排名第二。

2. 优先发展技术课题的影响

新能源关键技术领域优先发展技术课题将支撑新能源大规模开发利用，促进新能源产业加速发展和融合发展，将大幅度提高我国新能源在能源生产和消费结构中的比例，从而推动构建形成低碳绿色、安全高效的新型能源体系，对社会经济产生重要的影响。

首先，新能源产业将实现加速发展和融合发展，不断壮大成为能源产业的支柱。优先发展技术着力于解决制约新能源产业发展的关键技术问题，未来风能发电、太阳能发电将实现智能化、大规模发展，集中式发电和分布式发电相结合，新能源汽车、光伏建筑一体化实现大规模普及应用，在壮大新能源产业的同时，还将催生基于互联网、云计算、大数据、区块链等新技术的新模式、新业态，未来的新能源产业将成为能源产业的支柱。

其次，新能源将重塑能源生产和消费结构，构建形成高比例新能源的新型能源体系。能源生产将更多地依赖“人人可得”的风能和太阳能，新能源电力在能源生产中将发挥主导作用；能源消费将更多地采用风能、太阳能等新能源所生产的电力，用能终端电气化水平将大幅度提升。电力存储将成为能源体系的重要组成部分，电力系统由传统的“源-网-荷”转变为“源-网-荷-储”，进一步通过互联网、云计算、大数据、现代通信等新技术融合传统能源，以实现能源的生产、传输、分配、转换、存储、终端消费的协同化和智能化发展，构建形成高比例新能源的智慧能源体系。

最后，高比例新能源的新型能源体系能够保障我国能源资源安全，促进提高人民生活质量，对经济社会产生深刻影响。

在高比例新能源的新型能源体系中,将更多地采用风能、太阳能,进而改变我国富煤、缺油、少气的能源资源特征,保障我国能源资源安全。能源生产和消费以新能源电力为主导,大幅度降低传统化石能源的开发利用,生态环境将得到明显改善,气候变化也将得到缓解,将保障社会经济的可持续发展。展望 2050 年,新能源电力成为能源生产和消费的主流,分布式发电、分布式储能、智能微电网、新能源汽车渗透到社区、园区、山区、偏远地区和建筑、道路、家庭,将极大地提高人民生活质量,也改变了人民的社会生活方式。

四、政策建议

1. 技术发展建议

在新能源电力方面,突破 10MW 及以上风电机组、高效硅基光伏电池和高效薄膜太阳能电池的关键技术,全面实现风能发电技术装备的大型化、智能化,成为新增电力的主流,2035 年构建形成新能源和传统能源的深度融合的能源体系,2050 年构建形成高比例新能源的新型能源体系。

在新能源汽车方面,突破高比能、高安全锂离子动力电池、智能化电池系统等关键技术,突破动力电池的梯级利用和循环再利用、新能源汽车的标准体系、智能充电基础设施建设等关键技术,突破新能源智能汽车和智能电网能量互动、有序充电、光储充放一体化电站等关键技术。实现《新能源汽车产业发展规划(2021—2035 年)》中规划的 2025 年新能源汽车产量占当年汽车总产量的 20%,2035 年,纯电动汽车成为新销售车辆的主流。

在电力存储方面,突破锂离子电池、全钒液流电池、铅碳电池、钠离子电池、回收汽车动力电池等先进化学储能和压缩

空气、飞轮储能等先进物理储能的关键技术及其应用示范，突破 GW 级复合储能系统、智能化储能系统的关键技术和示范应用的关键问题。2025 年储能技术装备广泛应用于发电侧、电网侧和用户侧，储能产业达到国际先进水平；2035 年电力存储装机容量大幅提升；2050 年以电力存储为核心技术构建的“源－网－荷－储”新型电力系统实现高比例新能源电力消纳。

2. 保障技术发展的政策建议

一是做好构建未来能源体系的顶层设计，大力推动新能源产业加快发展和融合发展，着力构建高比例新能源的新型能源体系。将新能源技术作为整体技术体系，加强发展战略和发展规划研究，统筹产业支持政策和质量、安全、标准等技术政策，协同推进技术创新和产业发展。

二是建设新能源技术领域国家实验室，积极促进学科交叉融合，构建形成以企业为主体、产学研相结合的技术创新体系。国家实验室着眼于新能源技术整体上的前沿技术、颠覆性技术的研究，大力发展以新能源电力、新能源汽车、电力存储为代表的“新工科”，支持企业组建国家级研发平台、设立产业创新联盟，打造具有国际影响力的领军企业。

三是大力加强新能源领域关键共性技术和基础性前沿技术的研发，积极推动科技成果的示范应用和推广普及。以当前一代新能源技术与装备的高性能、智能化为重点方向，以下一代新能源技术与装备为前沿方向，部署关键共性技术和基础性前沿技术的研发项目；设立新能源产业发展基金，布局建设新能源领域国家创新中心，提升从实验室产品向产业化转移的创新能力；积极支持发展新能源关键技术领域的新产业、新模式、新业态，加快提升新能源产业的协同创新能力。

四是大力培育新能源技术领域的创新人才和创新发展的社会氛围,全面提升国际竞争力。凝聚国内外战略研究的高端人才,加快培养一批具有国际影响力的领军人才和创新群体,培养具有相关学科背景和交叉学科的专业人才;提高新能源的社会支持度和接受度,建立社会公众参与的机制;推动我国新能源关键技术领域在国际竞争中提高自身创新发展能力。

(作者:中国科协创新战略研究院课题组)



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员:张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话:68788193

创新研究报告

第 22 期（总第 450 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 3 月 15 日

以前瞻性技术预见等战略分析工具支撑关键核心技术的战略突破：集成电路领域案例

〔按〕本文深入分析了国际半导体技术发展路线图（ITRS）在引领全球集成电路产业创新发展中的成功经验，旨在回答如何实现技术预见与产业战略发展和支撑政策制定过程深度融合，发挥技术预见等工具在不断修正对长期性、战略性领域未来发展趋势认识和支撑关键领域突破创新实践上的作用。在此基础上，对我国技术预见与前瞻性技术战略布局、政策制定的趋势发展提出三个思考：一是如何在国家产业技术创新政策决策过程中提升战略与系统思维；二是有效整合技术预见与其他决策咨询工具支撑政策全过程；三是以技术预见为核心，构建政府产业技术创新决策咨询分布式网络体系。

科技活动本质上是知识创造活动。随着科技发展方向的不确定性和复杂性日益增加，国家和地区发展均面临资源有限条件下的关键技术预测、选择以及优化的问题。运用科学的、具

有广泛共识的政策支撑方法识别、遴选和规划前瞻性技术的发展、规划知识创造活动的必要性和有效性已经达成国际共识。众多发达国家的发展经验证实：“技术预见”及“类预见”活动无疑是一种有效的政策和战略管理工具，其对政策问题识别、政策方案产生与选择、征求意见与修订政策方案的科学支撑和资源优化配置的作用不可忽视。

关于技术预见在政策制定中的功能(function)，Da Costa 等认为基本包含六项：①为政策提供信息(informing policy)，旨在为政策设计和思考提供知识基础；②促进政策实施(facilitating policy implementation)，即技术预见通过建立对当前形势和未来挑战的共识及构建利益相关者之间的新网络和新愿景，提高特定政策领域内的变革能力；③嵌入式参与政策制定(embedding participation in policy-making)，即增加政策制定的流程和过程中社会成员或组织的参与程度，从而提高透明度和合法性；④支持政策界定(supporting policy definition)，即联合负责具体政策领域的政策制定者，将集体过程的结果转化为政策定义和实施的具体选择；⑤重构政策体系(reconfiguring the policy system)，使其更容易适应及应对长期挑战；⑥信号作用(symbolic function)，即向公众传递政策是基于合理信息制定的信号。在各国开展的技术预见或“类技术预见”活动中，技术预见的组织形式因国家不同而不同。美国产业界多次开展了“类预见”活动。日本在政府的主持下形成一整套较为严格的技术调查体系，截至2020年已经完成11次技术预见活动。除美日外，韩国、英国、德国、法国、西班牙、丹麦、荷兰等国均陆续依据各自的技术发展情况开展了技术预见活动。

十九届五中全会指出，“当今世界正经历百年未有之大变局，随着新一轮科技革命和产业变革深入发展，国际力量对比深刻调整”，同时指出“坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位，把科技自立自强作为国家发展的战略支撑”。这一重要论断将科技自立自强的重要性提升到历史的新高度。特别是在关键核心技术突破的战略机遇期和攻坚期，如何通过技术预见等工具有效调控发展未来产业成为重要的课题。从技术预见本身的发展来看，面向未来的技术分析从最初简单确定性环境下的技术预测，正逐渐转向复杂不确定性环境下的技术预见。技术预见已经不仅仅面临在方法上如何提高效率和增强质量的问题，还面临如何实现技术预见、战略发展和支撑政策制定的深度融合，进而提高创新单元的绩效；发挥技术预见在识别及修正长期性、战略性领域的未来发展趋势及增强创新单元之间的耦合水平中的作用同样重要。

一、以前瞻性技术预见等战略分析工具支撑集成电路关键领域突破实践

集成电路作为信息技术产业乃至整个高技术产业的核心，对支撑经济社会发展和保障国家安全，发挥着战略性、基础性和先导性作用。国际经贸摩擦爆发以来，我国以集成电路为代表的核心关键技术严重受制于人的问题日益凸显，卡脖子的缺“芯”之痛日益突出。特别是在科技自立自强导向支撑的新发展格局下，集成电路的技术发展和创新在面向未来经济社会发展规划和战略中的作用愈加不可忽视。因此，对于国际集成电路产业技术预见活动以及相关战略与政策的深入剖析，不仅可以科学分析识别集成电路产业核心技术面向后摩尔时代发展的“变革临界点”和“突破切入点”，同时，还可以为技术预见

融入创新政策制定过程提供思路和建议，为我国产业技术前瞻性研究布局提供重要战略与决策支撑。

（一）国内外集成电路发展历程与趋势

1. 国际集成电路发展历程及趋势

集成电路是指在半导体晶圆表面上，利用半导体工艺制作技术融合晶体二极管、三极管及电阻、电容等元件，并通过连接和排布实现特定功能的微型电子器件或部件。1947年，贝尔实验室 William Shockley 等人发明了晶体管，成为微电子技术发展中第一个里程碑。随后，1958年，仙童公司 Robert Noyce 与德仪公司的 Jack S Kilby 间隔数月分别发明了集成电路，这标志着世界从此进入到了集成电路的时代。基于硅的集成电路大规模商用在上世纪 60 年代实现，摩尔定律也随之产生。此后，随着超大规模集成电路的诞生、个人 PC 电脑的成熟与普及、网络和移动通讯爆发，集成电路行业延续了指数技术进步的历史模式，这种历史模式促进了半导体技术的快速进步，即集成电路上可容纳的晶体管数量每隔 18 ~ 24 个月增加一倍，性能提升一倍，而价格保持不变。但是集成电路工艺进入 7nm 技术节点后，这种发展轨迹显然越来越难以适用，器件特征的物理极限可能使摩尔定律逐步失效，半导体领域发展的重点转向降低芯片功耗、扩展芯片功能、寻找新材料等方面，在未来 5 ~ 10 年，集成电路产业将沿着扩展摩尔（more Moore）、超越摩尔（more than Moore）和超越 CMOS（beyond CMOS, 互补金属氧化物半导体）三个技术路线向前发展。

（1）扩展摩尔。通过器件结构、沟道材料、集成工艺等方面的创新，微缩特征尺寸，继续提升集成电路密度，相关技术路线已经规划到近 1nm 技术节点。

(2) **超越摩尔**。以价值优先和功能多样化为目标，不强调特征尺寸的缩小，而是通过功能扩展及多功能集成，发展新功能器件与系统集成，实现应用层面的系统性能提高。

(3) **超越 CMOS**。通过新材料、新结构、新原理器件的研发推动集成电路的发展，从物理工作机理与技术实现方式上突破传统硅基 CMOS 场效应晶体管技术限制。显然，扩展摩尔技术路线是实现更小、更快、更高性价比的逻辑与存储新器件的重要技术路径。

2. 国内集成电路产业技术发展现状与趋势

当前，我国集成电路设计、封测领域基本上正在加速跨进全球第一梯队，而相对落后的集成电路制造技术也在稳步前进，一部分装备材料已经可以实现自给自足。在集成电路设计方面，智能移动手机 SoC（系统级芯片）的设计水平基本上已进入国际先进梯队，华为海思的 5nm 麒麟处理器验证情况良好，即将量产；制造工艺方面，14nm 工艺已经达到规模量产水平；封装测试领域，先进封测规模所占比例有所提升，可达 30% 以上；装备材料方面，清洗设备、介质刻蚀机、CMP（化学机械研磨）研磨机、离子注入机、封测设备等均有所发展，实现一定技术和产业突破，8 英寸硅片、光刻胶、铜电镀液、CMP 研磨液、金属靶材等部分关键材料得以商用销售，部分细分领域进入国际前列。

当前我国集成电路产业发展尤其是关键核心技术突破面临重要战略机遇期和攻坚期，主要体现在：①亟须在集成电路大宗进口商品（处理器、存储器等）领域继续推进实现进口替代，实现电子信息产业安全发展；②努力保障集成电路产业自身的供应链安全，实现关键设备、材料、设计工具等的相对可控，

保证集成电路产业安全；③亟须提升CPU（中央处理器）、DSP（数字信号处理）、FPGA（现场可编辑逻辑门阵列）、关键网络设备等高端通用芯片的自主掌控能力，提升“党政军”核心业务系统、重要网络基础设施和信息系统的信息安全支撑能力。

（二）国际集成电路前瞻性技术布局相关经验

1. 国际器件与系统路线图（IRDS）及国际半导体技术发展路线图（ITRS）

技术路线图作为政府或决策者在针对未来技术发展前景进行规划和发布政策的工具，具备思路清晰、可操作性强等众多优点，在许多国家开展的重大技术预见活动中发挥重要作用。由美国半导体工业协会（Semiconductor Industry Association, SIA）联合日本、欧洲、韩国及中国台湾的半导体工业协会共同研究制定并公布的国际半导体技术发展路线图（International Technology Roadmap for Semiconductors, ITRS）及其前身——国际器件与系统路线图（International Roadmap for Devices and Systems, IRDS）对集成电路领域技术发展和产业规划产生巨大影响。该技术路线图旨在预测未来15年全球半导体行业技术趋势和走向，为产业组织包括研发机构和商业性企业的技术研发方向和选择提供参考价值，该技术路线图为我国集成电路技术态势规划提供了宝贵的经验。张晓沛等对IRDS/ITRS项目运行的突出特点进行了总结，在此基础上，本文整理更新如表1。

表 1 IRDS/ITRS项目运行特点

特点	描述
一家主导，多家参与	无论从技术还是市场来看，美国都在全球半导体领域占据着领先的位置。美国半导体行业协会的技术路线图规划也得到了产业内其他主要国家和地区的响应，形成了一家主导，多家参与的格局。既保证了美国作为半导体技术先进国家的主导地位，又能够广泛吸收其他国家和地区专家的前瞻性研究和观点。
跨区域，跨链条纵横协同	据统计，IRDS/ITRS成员数量将近1300家。这些成员不仅实现了跨区域的信息融合，也实现了跨产业链条的互通有无。从区域分布上看，美国占比最高，达55%。欧洲、日本、韩国和中国台湾地区的占比分别为10%、17%、5%和13%。从产业链条的分布来看，IRDS/ITRS成员即包括业内企业，也包括大学、研究院所等知识生产组织以及包含投资者在内的其他组织机构。整体来看，IRDS/ITRS成员真正实现了跨区域、跨链条、多主体的交叉融合与广泛协同。
规划周期的技术合理性	IRDS/ITRS每偶数年修订，每奇数年发布新版，相当于每两年推出全新的规划版本，以跟上技术发展节奏，准确把握和指导本领域的发展。同时，该报告只聚焦于未来15年的技术发展态势，使得技术预测既能够保持快速迭代，又能够保证规划周期的合理性，也因此成为政府及行业内制造商和供应商共同遵守的“行业规划”。
基于科学的引领性	IRDS/ITRS作为技术路线图，不仅在推进流程中保证了步骤的科学性、合理性。在对行业信息数据的处理和结果呈现上也保持了科学谨慎的态度和作风。不仅体现了行业技术的发展态势，也包含许多基于宏观经济学、微观经济学和产业经济学分析的图表，为企业决定未来的研发投资和生产安排提供决策参考。可以看出，其引领性正是基于规律总结的科学方法和科学呈现。

2. 欧洲各国近年集成电路前瞻性相关举措及代表项目

近年，欧洲在促进集成电路发展更多的是通过设立“传感器”“功率器件”等欧洲半导体优势领域的大型芯片研发项目^①来继续提高欧洲产业技术竞争力。例如，欧盟“功率半导体制造 4.0（SemI40）”项目、欧盟“Productive4.0”项目等，具体如表 2。

整体来看，欧盟集成电路前瞻性布局发展的特点包括：①制定发展战略计划，大力促进研究、开发与应用；②政府选择并重点扶持有实力的企业，例如，德国政府选择有资金、技术和科研实力的西门子公司作为国家扶持的对象，在集成电路产业发展的关键时刻和关键技术上给予资金和政策方面的大力支持；③广泛开展与国际强者的合作，实现显性知识与隐性知识

① 重点发展半导体优势领域。

的高效流动；④在人才和财政政策上，高度重视集成电路产业的发展，保证欧盟国家的技术优势。

表 2 欧洲各国近年集成电路前站布局相关举措及代表项目

代表项目	相关举措
德国联邦经济部2017年发布《创新政策重点》	对不同技术方向持开放态度，加强产学研合作，完善质量保证基础设施。一是对不同技术方向持开放态度，让企业自主决定技术领域投资方向；二是需要资助有利于提升价值创造的未来技术。
德国联邦经济部2017年发布《创新政策重点》	IoSense项目将在英飞凌公司现有制造厂中建造三条工艺制造线，并通过模块化思路将欧盟现有先进制造能力整合进相应环节，形成欧盟范围内先进生产能力的网状连接。
欧盟“功率半导体制造4.0（SemI40）”项目	SemI40项目的总预算为6200万欧元，被欧盟视为欧盟工业4.0最大的研究项目之一，专注于“智能制造”和“网络物理生产系统”两个领域，旨在强化智能制造优势。其中半导体芯片制造商德国英飞凌牵头5个国家共计37个机构，通过跨国合作实现半导体领域的技术进步与创新发展。
欧盟“Productive4.0”项目	获得1.6亿欧元经费补助，由英飞凌牵头19个国家100多家合作伙伴和科研机构，旨在强化欧洲在微电子领域的优势，建立一个横跨价值链和产业的用户平台，促进产业的数字化联网发展。
CEA-Leti和Fraunhofer Group联手研发合作	双方共同建立技术平台，为欧洲的中小型企业、新创公司提供最新技术，保证欧洲的微电子与半导体产业在持续在欧洲保持生产能力，共同推动欧洲将微电子技术研发与半导体制造根留本土的愿景。

（三）国内集成电路前瞻性技术布局相关政策及存在问题

1. 国内集成电路前瞻性技术布局相关战略、政策分析

集成电路作为新一代信息技术产业的重要组成部分，是国家未来重点发展的战略新兴产业。国家围绕重点领域产业链，已经在产业布局、技术、资金、人才、税收等方面进行战略布局，并出台相关政策，集成电路发展环境和政策体系得到进一步优化，特别是国家集成电路专项发展资金建立，使得我国集成电路产业步入加速成长的阶段。

2000 年，国务院印发集成电路产业的核心政策文件《鼓励软件产业和集成电路产业发展若干政策的通知》，通过政策引导，鼓励资金、人才等资源投向集成电路产业，力争到 2010 年使我国集成电路产业成为世界主要开发和生产基地之一。2006 年，国务院印发实施《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—

2020 年)》，确定了“核心电子器件、高端通用芯片及基础软件产品”(01 专项)、“极大规模集成电路制造技术及成套工艺”(02 专项)在内的 16 个重大专项^②，集成电路产业受到高度重视。2014 年，国务院印发《国家集成电路产业发展推进纲要》，加强组织协调、设立大基金和加大金融支持；着力发展集成电路设计业；推进集成电路产业与国际先进水平的差距逐步缩小，到 2020 年移动智能终端、网络通信、云计算、物联网、大数据等重点领域集成电路设计技术达到国际领先水平，产业生态体系初步形成。2020 年 8 月，国务院印发《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展若干政策的通知》，提出进一步加强高校集成电路和软件专业建设，加快推进集成电路一级学科设置工作，鼓励地方按照国家有关规定表彰和奖励在集成电路和软件领域作出杰出贡献的高端人才以及高水平工程师和研发设计人员，完善股权激励机制。

整体来看，我国二十年的集成电路发展相关战略和政策的主要特征包括：①内容上，相关规划和政策主要包含产业发展规划、政策优惠、技术布局、资金扶持、人才培养等方面，但有些方面布局不均衡；②有关人才、资金和具体战略技术布局的落地政策相对比较少，缺乏围绕市场端的集成电路技术需求政策和落地规划；③从战略总体布局看，当前产业战略重点主要围绕“摩尔定律”的技术演进展开，产业战略重点单一，主要发展制造工艺技术；2010 年开始，产业结构规划的政策布局开始全面化，产业链逐渐全面发展，但是全产业链联通和互动

② 为了实现国家目标，通过核心技术突破和资源集成，在一定时限内完成的重大战略产品、关键共性技术和重大工程。

比较脆弱。

2. 国内集成电路前瞻性技术布局问题识别

当前,中国集成电路产业技术发展正面临着外部环境动荡、关键核心技术受制于人、专业人才供给不足等多方面挑战,这可能会给国家信息安全、产业安全和提升国家竞争力等方面带来诸多挑战。

外部竞争环境更加严峻。当前集成电路产业链和价值链已深度全球化,世界经济的不稳定和外部宏观环境的不确定,将使我国集成电路技术发展中战略规划、人才引进和供应链安全等领域面临诸多挑战。尤其是国际政治经济形势的错综复杂,使我国面临的外部产业竞争环境更加严峻。

部分关键核心技术领域受制于人。从中国集成电路产业技术整体水平分环节来看,14 纳米工艺制程芯片已经实现量产,但与英特尔、三星的领先量产工艺水平比还有差距。特别是以光刻机为代表的核心设备研发与国外差距较大;一些工业级材料空白,与国外先进水平相差仍然较大亟须突破。

专业化人才供给不足。根据《中国集成电路产业人才白皮书(2019—2020 年版)》相关数据,截至 2019 年,我国集成电路产业从业人员规模约为 50.2 万人,同比增长 11%。预计到 2022 年前后,我国仍然存在 25 万专业技术人才的缺口。

3. 我国集成电路人才体系的“痛点”思考

人才是当前我国集成电路发展和创新活动的核心战略性资源。“当前和今后一段时期的战略机遇期和攻坚期”不仅要关注集成电路技术发展,更要关注集成电路人才资源供给。

新形势下我国集成电路行业仍处于人才需求旺盛期,人才缺口短期难以解决。主要体现在:(1)人才培养基数不足。

2015—2018年，27所示范性微电子学院的招生人数稳中有升。自2018年起，为了加快培养集成电路产业急需的工程性人才，教育部下达了微电子专项培养计划，硕士增加1242名，博士增加262名^③，无论是本科生扩招还是硕士、博士扩招数量与人才缺口相比都远远不足。加上半导体行业知识架构涉及大量缄默知识，毕业生还需要经过2—3年专业技能训练才能实现真正的“上岗”；（2）现有培养体系并未契合产业发展速度，加剧人才供需结构矛盾。作为人才培养主要渠道的高等院校，近年来对于半导体行业人才的培养在目标、方法、模式上出现了与行业或产业发展需求之间的不相配、不契合的结构性矛盾，在人才数量和质量均未实现充分有效供给。一方面，国内缺乏有经验的行业专业人才，尤其是掌握核心技术的领军型创新人才。另一方面，随着产业升级和人才缺口的持续，面向产业实际需求的基础复合型人才的培育也同样困难重重；（3）存在人才流失问题。根据《中国集成电路产业人才白皮书（2018—2019年版）》数据，2018年，只有19%的集成电路相关专业毕业生进入集成电路行业从业，高校人才培养向集成电路产业的输送机制和融合格局尚未真正形成；（4）存在人才结构问题。领军型、复合型创新人才紧缺，产业难以实现跨越式发展。现有集成电路人才体系存在结构性问题，产业难以实现跨越式发展。国内缺乏有经验的行业专业人才，尤其是掌握核心技术的能够实现产业“从0到1”跨越式发展的国际领军型、复合型创新人才。

新基建带来新机遇，我国集成电路产业将迎来高速发展期。在国家推动新型基础设施建设的大背景下，面向高质量发展需

③ 数据来源：各示范性微电子学院官网统计所得。

要，提供数字转型、智能升级、融合创新等服务的基础设施体系。在产业发展的带动下，必然会促进集成电路设计、制造、封测，以及更上游的材料装备产业快速的发展，同时对集成电路产业全链条人才在数量和质量上提出更高的要求，集成电路人才需求将进一步扩增，人才缺口也将进一步扩大。

二、集成电路前沿布局相关战略和政策建议

从技术供给端逐步到未来的重大需求场景进行战略规划。探索面向芯片自主创新发展的国家重大战略需求，促进我国芯片基础研发水平的逐步提升，推动增强原始创新实力。近期前沿技术追赶和商用化为主，在设计、封测等技术领域全面突破，中期需要在制造、设备和材料构建领域取得明显创新突破；2035年前后，需要以芯片研发的基础科学问题为核心，重点发展全新器件和全新架构，突破芯片算力瓶颈；面向未来芯片算力问题，聚焦芯片领域发展的前沿难点，通过信息、数理、材料、工程等多学科的交叉融合，在新机理、新材料、新方法以及非冯·诺依曼计算新架构等方面争取在信息处理的能耗边界等方面取得新的突破，同时发展重大变革型的基础器件、集成方法和计算架构，提升我国在芯片领域的自主创新能力和国际产业地位。

高度重视并动态调整集成电路技术预见相关战略规划。以国家新一轮中长期科技规划为契机，选取集成电路若干关键领域为试点，持续进行战略规划研究，要重视技术预见过程而不是形成规划文本的结果；在技术预见过程中锻炼形成有国际视野的一流科技战略研究队伍。通过长期关注积累，建立完善行业产业数据库，提升凝练重大关键科技问题的水平，规划发布后还要根据规划实施效果和科技发展态势，及时动态调整和完

善规划内容，确保科技始终沿着正确的方向前进。

加强应用基础研究，鼓励原始创新，突出颠覆性技术创新。增加在新材料、新结构、新原理器件关键技术和基础问题上的研发投入，为我国发展具有自主可控的集成电路产业提供新途径。加强集成电路关键共性技术研发工作，聚焦围栅纳米线等新器件、极紫外光刻等新工艺研发，打通 1nm 节点前后集成电路关键工艺，为高端芯片在国内制造企业的成功生产提供重要支撑。

注重人才培育和智力引进，整合打造跨学科大纵深的顶尖研究人才高地。积极推进微电子学科教育建设。针对集成电路制造技术多学科高度融合这一特点，整合政府、高校、科研院所、龙头企业及配套产业链多方力量推动创新创业发展，增添产业活力，有效组织跨领域、融合型的研究团队进行联合攻关。在更大范围、更广领域、更高层次上吸引全球高端科技人才，锻造一支充满活力的青年科技人才队伍，有效发挥多领域融合的建制化优势，组织跨学科、大纵深、多团队的协同研发。

集中资源，重点突破，培育和扶持具有特色和竞争力强的领军企业。聚焦国际主流产业技术，以龙头企业为牵引，完善集成电路产业链条，扶持与引进国内集成电路配套产业链，加强产业补链和延链。政府通过遴选目前国内集成电路行业的龙头企业，重点扶持和培养一批集成电路龙头产业，以龙头产业为牵引，带动产业链条能力发展的上下游中小企业，以点带线，以线带面，通过产业链上下游企业的技术迭代和升级，实现产业整体的由弱转强。

构建针对预见技术的关键核心技术攻坚体制与生态。从国家层面对集成电路制造技术体系和产业生态建设进行系统、科

学的规划和布局，遵循“一代设备、一代工艺、一代产品”发展规律，加大集成电路关键材料、核心装备、关键工艺和器件工程化的支持力度，构建针对技术预见方向的关键核心技术攻坚体制与生态，重构有利于“关键核心技术突破”的组织模式和治理机制，形成攻克关键核心技术的强大合力。

三、关于技术预见与前瞻性技术布局战略、政策制定的思考

“技术预见”等战略分析工具已在支撑国内外政策决策过程中起到了重要的作用。在科技自立自强导向支撑的新发展格局下，针对我国技术预见与前瞻性技术突破战略和政策制定的趋势，思考如下：

一是国家产业技术创新政策决策过程要提升战略与系统思维。加强技术预见和技术路线图等工具在产业创新政策制定的环形循环中的引导作用和影响。技术预见等导向性工具的应用，不仅提高了国家产业技术创新政策的制定效率，同时提升了不同创新主体基于同一技术愿景下的运作协调性并有助于达成共识。

二是有效整合技术预见与其他决策咨询工具支撑政策全过程。技术预见并非唯一具有政策支撑作用的技术工具，在政策制定的过程中，应充分考虑其他政策决策工具的有效性，实现技术预见与其他决策咨询工具的有效整合和互相促进，例如，技术影响评估、政策评价等工具，构建政策制定、颁布和实施的全链条科学透明机制，实现政策全过程的支撑。

三是以技术预见为核心，构建政府产业技术创新决策咨询分布式网络。随着物联网、5G、云计算、大数据和人工智能等变革性技术的发展与突破，我国科技在一些领域即将进入科技

发展的“无人区”，技术预见在政策制定和技术引领中的作用不可忽视。同时，应当充分重视技术预见支撑政府决策的时效性，建设以技术预见为核心，各类工具融合发展，多种机构错位合作的政府产业技术创新决策咨询分布式网络。

（作者：中国科协创新战略研究院课题组）



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

世界科技经济新动态（第20辑）

第23期（总第451期）

中国科协创新战略研究院

2021年3月12日

全球粮食供应链危机下的农业 科技创新展望及启示

〔编者按〕新冠疫情对全球粮食供应链的影响日益显现，全球粮食供应链危机及世界粮食安全问题已经引起世界各国的重视。本期聚焦全球粮食供应链危机及国际社会的应对，尤其是西方国家在此背景下对农业科技创新的重视，从而对我国加强粮食安全，推进农业现代化，服务以国内大循环为主体、国内外双循环相互促进新发展格局提供支撑。

〔最新动态〕

联合国世界粮食计划署(WFP)认为四个地区有发生饥荒的潜在风险

联合国世界粮食计划署(WFP)发布的新报告提出：冲突、经济衰退、极端气候和新冠肺炎疫情的高危害组合，正把人们

进一步推向粮食不安全的紧急阶段。此报告发出了严厉警告，全世界都处于高度饥荒警报状态；如果西非萨赫勒地区的布基纳法索、尼日利亚东北部、南苏丹和也门在未来几个月有任何进一步的恶化，这些地区可能很快陷入饥荒。高风险国家的局势如何演变将取决于冲突动态、粮食价格、新冠肺炎疫情对其粮食系统的影响、降雨和收获结果、人道主义准入以及捐助者继续资助人道主义行动的意愿。

UN Food Agencies warn of rising levels of acute hunger with potential risk of famine in four hotspots

<https://www.wfp.org/news/un-food-agencies-warn-rising-levels-acute-hunger-potential-risk-famine-four-hotspots>

多国政府援助处于粮食危机中的国家

2020 年 9 月 24 日，日本政府捐助 187 万美元，为马拉坦难民营（楠普拉省）的难民以及莫桑比克德尔加多省的境内流离失所者提供粮食援助和生计支持。

11 月 18 日欧盟捐赠 200 万欧元，用于每月向面临饥饿的叙利亚家庭提供粮食援助。这笔捐款将帮助全国各地的叙利亚人，特别是那些受冲突、流离失所、食品价格飙升和新冠肺炎疫情影响最严重的西北部地区的人。

11 月 16 日，法国为苏丹长期无粮食保障的家庭提供了 50 万欧元的捐款，提高这些家庭的复原力。这笔资金将通过培训和支持社会保护方案来减少收获后损失，从而帮助超过 41000 名南科尔多凡州居民。

Japan helps WFP to provide vital assistance to refugees, asylum seekers and internally displaced

people in Mozambique, <https://www.wfp.org/news/japan-helps-wfp-provide-vital-assistance-refugees-asylum-seekers-and-internally-displaced>

European Union provides support to WFP as Syrians face unprecedented food insecurity

<https://www.wfp.org/news/european-union-provides-support-wfp-syrians-face-unprecedented-food-insecurity>

France supports WFP boosting resilience of vulnerable families in Sudan

<https://www.wfp.org/news/france-supports-wfp-boosting-resilience-vulnerable-families-sudan>

粮农组织强调农业创新以应对粮食危机

粮农组织在促进农业创新以提高粮食安全、可持续发展和促进农村发展方面发挥关键作用。粮农组织协助成员国发挥创新潜力，推动社会经济增长，确保粮食和营养安全，减轻贫困，提高对气候变化的抵御能力，从而帮助实现可持续发展目标。粮农组织支持各国政府制定促进可持续农业机械化的战略，并与小型企业、合作社和地方组织合作，确保小农户获得机械化服务。粮农组织帮助各国利用数字技术的力量，试点、加速和扩大具有影响粮食和农业巨大潜力的创新理念，将数字解决方案和服务转化为全球公共产品。

2020年11月5日，粮农组织正式启动了粮食联盟。粮食联盟是由意大利提出、粮农组织领导的自愿的多利益攸关方和多部门联盟，旨在支持创新举措，以确保全球粮食供应，提高农业粮食系统的复原力，并使其走上更可持续的道路。粮农组

织总干事表示，粮食联盟包括一个专门的信托基金和一个网络中心，参与者能够获得一系列以项目为重点的信息和数据，以及许多实地项目所需的资金和援助类型。粮食联盟将调动资源、专业知识和创新网络；倡导新冠肺炎联合协调应对；促进各国之间的对话以及知识和专长的交流；努力制定解决问题的计划和方案；扩大和加强国际合作和伙伴关系。粮农组织首席经济学家马克西莫·托雷罗·卡伦强调政策制定者必须重视贫困农民，通过发放临时现金补助以及重新开始生产的拨款，帮助中小型农业企业及其劳动力维持运营。

Innovation at FAO

<http://www.fao.org/innovation/zh/>

FAO launches Food Coalition to lift food access,
sustainable agri-food systems

<http://www.fao.org/news/story/en/item/1322089/icode/>

Food Coalition A COVID-19 RESPONSE

<http://www.fao.org/home/en/>

A battle plan for ensuring global food supplies during
the COVID-19 crisis

<http://www.fao.org/news/story/en/item/1268059/icode/>

美国农业部提高美国农业生产力以确保食品安全

美国农业部投资于研究、开发和推广新品种和技术，以减轻动物 / 植物疾病，提高生产力、可持续性和产品质量。美国农业部已经开发了美国作物进度和表土湿度图以及其他资源，以帮助专家评估农田数据，还创建了玉米基因组数据库。美国农业部支持遥感和制图领域的领军企业，通过可视化数据支持

农业政策、业务决策以及项目运营。美国农业部农业研究服务（ARS）国家产品质量和新用途项目负责人吉恩·莱斯特强调，创新可以通过把食物浪费转化为经济机会来助推就业增长和经济发展，通过降低实施成本、增进实施可行性，使减少和回收食品废物在经济上对企业、组织和家庭更可行。

Research and Science

<https://www.usda.gov/topics/research-and-science>

ARS Research Innovates to Reduce Food Loss and Waste:
An Interview with Gene Lester

<https://www.usda.gov/media/blog/2020/10/29/ars-research-innovates-reduce-food-loss-and-waste-interview-gene-lester>

美国提出食品供应的挑战和解决方案

对于已经经历粮食危机的 1430 万美国家庭来说，新冠肺炎导致的关闭和限制造成了新的困难。政府机构、私营企业和非营利组织正在推出三大类解决方案。

1. 提高家庭食品购买力：通过补充营养援助计划（SNAP）和美国妇幼营养补助计划（WIC）提供紧急援助。最近颁布的《家庭第一冠状病毒应对法案》（FFCRA）在登记规则、食品津贴和操作要求方面给予各州更大的灵活性，扩大了 SNAP 或 WIC 的资格。

2. 增加紧急食品资源：联邦食品和药品管理局通过《紧急食品援助方案》（TEFAP）批准资金用于低收入老年人的预包装膳食和商品食品分配，以提高食品银行和食品分发站的能力。

3. 多边行动保护供应链：麦肯锡咨询公司建议政策制定者

建立一个更具弹性的食品体系，提供一系列符合政府、农业贸易公司和多边组织利益的行动。比如政府保持充足的库存，设定价格上限，并考虑增加谷物非食品用途的灵活性，积极与世界银行和粮农组织等多边国际组织合作，考虑建立虚拟储备。

Food Access: Challenges and Solutions Brought on by COVID-19

<https://www.rand.org/blog/2020/03/food-access-challenges-and-solutions-brought-on-by.html>

Will the world's breadbaskets become less reliable?

<https://www.mckinsey.com/featured-insights/food-security>

澳大利亚农业部推进疫情下澳大利亚的农业创新行动

COVID-19 大流行让创新对于长期繁荣和增长的重要性更为凸显。澳大利亚政府通过《国家农业创新议程》：明确战略方向和加强合作；改善资金和投资的平衡，提供增量和转型创新，以及不断增长的私营部门和国际投资；通过更高的透明度和创业精神，嵌入世界级的创新实践；通过改善农业创新的基础（包括数据和监管环境）创建下一代创新平台。在农业数字化创新方面，农业科技和数字基金会认为：数字技术将是下一波农业生产大浪潮的基础。澳大利亚农业研究所估计，农业部门全面采用数字工具每年可提高约 203 亿美元的生产率。政府将发布“数字农业基础战略”，为整个农业、林业和渔业广泛采用数字技术奠定基础，扫清更多使用和利用数字农业技术的障碍，明确政府的支持农业数字化中的作用。

National Agricultural Innovation Agenda

<https://www.agriculture.gov.au/ag-farm-food/innovation/national-ag-innovation-agenda#national-agricultural-innovation-policy-statement>

黎巴嫩提出粮食危机和农业改革之路

财政危机和黎巴嫩镑的崩溃使脆弱的黎巴嫩人和难民的粮食安全处于危险之中。农业部门的非正规性使得农民缺少医疗保险或养老金的基本保障；土地私有化使得大量黎巴嫩农民没有土地；继承法助长了农业土地的分割，阻碍规模经济的发展。金融支持不力无法满足农民粮食生产信贷需求。粮食贸易商和大农场主对收获后服务的垄断……这些主要来自社会政治因素的影响，仅次于农业基础设施和农业科技问题。新冠疫情使得上述形势更加恶化。黎巴嫩农业部于2020年9月发布其2020-2025年战略。该战略由五大支柱组成，首要的就是粮食安全，其他支柱侧重于实施农业技术创新，以提高农业和农工生产率，提高农业食品价值链的竞争力，改善自然资源管理以及提高制度能力。

Lebanon's Food Insecurity and the Path Toward Agricultural Reform

<https://carnegie-mec.org/2020/11/13/lebanon-s-food-insecurity-and-path-toward-agricultural-reform-pub-83224>

[主要研判及建议]

一、当前世界粮食供应链危机呈加剧趋势

自新冠疫情爆发以来，世界粮食供应链危机日益显现。疫

情对粮食供应链的冲击主要体现在两个层面。一方面疫情使得大规模的集约化生产受到挑战，进而影响农业生产和产量。另一方面疫情阻碍甚至阻断了粮食运输通道。联合国世界粮食计划署和联合国粮食及农业组织发出严厉警告，全世界都处于高度饥荒警报状态，共有 20 个国家面临“严重粮食不安全状况进一步恶化的风险”。经济危机、极端天气、沙漠蝗虫等跨界威胁以及缺乏人道主义准入等多种因素并行使全球粮食安全处于高风险状态并呈加剧之势。

二、国际社会对粮食安全危机国家的援助有待加强

现有援助的可持续性有待考量且粮食援助的执行障碍依然存在。受援助国家国内基础设施不完善，道路交通条件差以及铁路和航运网络的缺失导致交通连续性不强，使得粮食运输成本上升。受援助农产品检疫能力薄弱，执行卫生和植物检疫监管框架的能力不足，不利于防控疫情。粮农组织及粮食计划署建立粮食联盟，通过汇集和协调具有共同价值观的各种利益攸关方的全球行动。联合国组织也强调发展农业创新应对粮食危机，并尝试改善粮食供应可持续系统。但受制于疫情对全球供应链的影响，上述行动的效果存在较大的不确定性。

三、西方国家通过农业科技创新提升粮食供应能力的经验启示

西方国家应对疫情下粮食供应链危机的主要措施包括：建立政府主导，多主体合作的农业技术创新研发体系，吸纳不同渠道资金支持，保障农业技术创新的可持续性。聚焦前沿领域，在种子培育、农业数字化技术等领域，推动传统农业科技的转型升级，同时，探索以节约为理念的粮食生产、加工过程的创新技术。重点保护农业生产从业者权益，确保他们在安全的环

境下工作，拥有个人防护设备，定时对工作场所消毒等，同时加大对农业生产的补贴力度，提升粮食生产积极性、安全性和可持续。

四、疫情下粮食供应链危机的中国应对

面对新冠疫情下粮食供应链危机的挑战，中国应坚决落实习近平总书记做出的“中国人的饭碗要端在自己手里”等一系列批示，加强粮食安全，保障粮食供应链健康可持续发展。疫情下粮食供应链危机的中国应对的主要思路和对策包括：

（一）夯实农业基础设施建设，支持农产品流通重点设施建设

农业基础设施是粮食增产增收的基础保障。建议国家应该加快补齐农业基础设施短板，加大建设高标准农田，并在此基础上加大力度支持农产品流通重点设施建设。同时，应将进口冷链食品入境、存储、运输纳入农产品流通重点设施建设议程中，通过国际合作和谈判，主动参与粮食、食品出口国供应链可追溯质量控制体系建设，协商制定符合新冠疫情检验检疫等质量标准，保障国内外双循环相互促进的安全性。

（二）进一步支持农业科技创新，提升粮食生产率和自给率

农业科技创新助力国家粮食安全是世界粮食安全保障的重要经验。建议国家进一步支持农业科技创新，加大对农业技术研发的财政支持，重点对作物良种培育、作物栽培综合集成技术、生态化肥研发、农业机械的数字化转型等领域开展资助，鼓励协同创新，及时跟踪全球农业技术前沿信息，加强国际合作研发。同时，通过进一步完善科技特派员制度，缩小试验田技术走向大田作业的距离，解决科技创新最后一公里问题。同时，建议

国家利用粮食联盟这一国际平台，与世界各国围绕农业创新技术研发、粮食供应链修复开展协商、合作增强知识交流。

（三）完善农业生产补贴制度，提升农民种粮意愿

建议国家完善农业生产补贴制度，不断完善财政支农惠农政策体系，紧抓粮食生产稳定与农民持续增收两个主线，以农村土地确权制度为基础，通过多种激励方式，加大对适度规模化农场的补贴力度，进一步提高补贴政策的指向性、精准性和实效性。同时，建立完善粮食主产区利益补偿机制，加大对产粮大县的奖励资金投入，保障产粮大县重农抓粮得实惠、有发展。做好种粮农民各项权益保障工作，加大对新型农民的技能培训工作，多措并举提升种粮农民积极性。

本期撰稿组：朱旭峰、施云燕、韩万渠、王寅秋

世界科技经济新动态专班：任福君、赵立新、阮草、刘萱、张丽琴、武虹、施云燕、石磊、杨宝龙、赵勳、王寅秋、马健铨、许艳玲、齐海伶、付震宇、熊嘉慧、宋烁



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 刘薇 王达 苗晶良 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 24 期（总第 452 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 3 月 23 日

OECD 发布《科技和创新的数字化：关键发展与政策》报告

〔编者按〕2020 年 2 月 11 日，经济合作与发展组织（Organization for Economic Co-operation and Development, OECD）发布《科技和创新的数字化：关键发展与政策》（*The Digitalisation of Science, Technology and Innovation: Key Developments and Policies*）报告。报告指出，数字化对科技与创新以及相关政策产生了深远的影响；作为企业、科学界和政府最重要的创新载体，数字技术正以多元化的方式变革科学家的工作、合作和出版成果的方式；合理利用数字技术，可以促进科学发展、提高生活水平、帮助保护自然环境等等。本文对该报告的重要内容进行摘编。

一、提供政策支持，加速科学数字化变革

从议程设置到实验、知识共享和公众参与，数字化为科学的各个方面带来了变革，同时也正在促进开放科学的新范式（即

让科学过程更加开放和包容)。开放科学有三个主要支柱：(1) 对科学出版物和信息的开放获取；(2) 提高对研究数据的访问能力；(3) 加强同行间的合作。这三个支柱能提高科学的效率和效力，加速研究成果转化为社会效益。

由此需要政府为科学、技术和创新 (science, technology and innovation, STI) 提供政策支持，包括：考虑数据管理成本，增加预算，挖掘开放性科学研究的潜力；提高研究数据组织间的政策一致性和信任度，以促进跨界的公共研究数据共享；通过合作建立和提供对国际网络基础设施的访问；开放有关获取共享资源的激励措施，须符合研究资助者的要求；支持科学的平台技术，如分布式研究、开发网络以及数字 / 数据的存储；支持在科技创新过程中更好地利用先进数字技术；人工智能可以提高科学生产率，但需要高性能计算、技能和数据访问等方面的支持政策，以及解决科学界中人工智能带来的新政策问题，如机器发明涉及的知识产权制度等。

二、发挥数字技术在政策制定中的潜力

数字技术为支持科学和创新的政策制定提供了新颖的方式，包括：组织资金分配；通过数字技术来利用综合情报，预测机器与人协作的未来市场，利用集体智慧加强政策前瞻性；开发科学中的区块链应用，如为科学建立一种加密货币，存储和共享研究数据，保障创造性材料所有权的公开透明，扩大对超级计算机的访问等；使用社交媒体来帮助创新传播，针对不同目标人群制定相应的传播计划。

三、利用数字化促进企业创新

数字化正在塑造整个经济领域的创新，产生新的数字产品和服务。数字时代创新有以下四个趋势：(1) 数据是关键的创

新输入；（2）数字技术促进服务创新；（3）创新周期正在加快；（4）数字技术进一步促进协同创新模式。

企业利用数据进行创新，可能会出现新的政策问题，如限制跨境数据流会增加公司的经营成本；人工智能正广泛应用于工业活动，但企业可能无能力进行大数据分析。这时需要各国政府与利益相关者合作，制定自愿性示范协议和计划，以实现值得信赖的数据共享。对于更通用的人工智能应用程序，政府可以推进开放数据的计划，并确保公共数据以机器可读格式存在；与行业和社会合作伙伴一起制定路线图和部门计划，提供有效的部门支持；通过数字化众包和开放挑战，促进创新合作；加快先进数字技术的推广；为帮助数字技术应用到中小型企业，将中小企业的键信息系统化，挖掘有关新技术预期投资回报以及技能革新的信息，为中小型企业提供专门知识来源、产品测试品种、新设备等。

四、开发数字技能

数字技术的通用性加剧了人才竞争，数字技能的需求上升对收入分配和经济生产率产生影响。“工业数据科学家”和“生物信息学科学家”等新出现的职业反映了技术变革的进程，这些变化导致数字技能的短缺。为此，一方面需要新的课程，如针对自动驾驶汽车行业的专门课程；另一方面需要对现有课程进行变革，如加强逻辑学习在人工智能中的基本作用，增加多学科教育。同时，许多国家应重视在数字技术领域，男女比例严重失调的问题。在重大技术变革的背景下，终身学习成为工作中不可或缺的一部分，各国政府可以与伙伴合作，帮助开发制定全新的培训计划，发展数字技术技能。

五、支持公共部门研究

公共资助的基础研究对数字技术的发展至关重要。政府对一些主要经济研究的支持最近趋于平稳，甚至有所下降，一些新兴数字技术的复杂性甚至超越了最大个体公司的研究能力，因此需要广泛的公私合作及跨学科研究。人才聘用、晋升政策以及适用于传统学科的资助系统可能会妨碍跨学科研究，须给予高度重视。同时，政府须保障在跨学科部门工作的科学家的合法权益。

六、构建政府专业知识

如果政府不完全了解技术和产业部门，则可能会失去从数字技术中获益的机会。在以下三个方面需要用专业方法来重新设计规划：数据访问政策；采用和传播数字技术政策；支持数字技术行业应用发展政策。构建政府专业知识有助于对人工智能进行有效监管，更好地了解复杂的数字系统，保持政策上的灵活性，确保关键基础设施的可用性，从而避免对新技术产生任何不切实际的期望。

七、衡量科学和创新数字化

关于科学的数字化转型主要包括四个方面：（1）采用能够促进数字化的实践经验和工具；（2）获得数字化的科学成果，特别是出版物、数据和计算机代码；（3）进一步开发先进的数字程序，以使研究更多由数据驱动；（4）加强科学家之间的工作交流。

报告列举了一些科学中的数字行为。如：数字技术促进了科学知识的共享；在所有学科领域中，只有不到一半的受访者向期刊或出版商提供论文的数据或代码；美国公司运行和资助的研发项目，有三分之一与软件相关；从2006年到2016年，

与人工智能相关的出版物每年增长 150%；硕博士阶段，在信息和通信技术 (information and communication technology, ICT) 领域毕业的男性远多于女性；OECD 的调查数据表明，年轻的科学家更有可能使用数字技术。

八、促进数字技术和工具的传播

技术传播有助于提高劳动生产率，大多数国家、地区和企业主要是技术用户，普遍将技术的传播设为优先事项。决策者倾向于承认技术传播的重要性，但在资源的总体分配中却未给予重视。不同的通信标准、数据类型、合规性要求等，可能会阻碍技术的传播。进行有效传播需要满足以下两个条件：（1）必须赋予技术传播机构权力和资源，以便实现长远目标；（2）评估指标必须强调长期开发的能力，而不是增加成果和创收。

九、确保基础设施互补

某些类型的基础设施有助于数字技术的利用，如高性能计算、云计算和光纤连接。在制造业中，高性能计算的使用已经超出了设计和仿真等应用领域的范围，并覆盖了对复杂生产过程的实时控制。云计算有助于科学过程中的数据共享和分析，但在不同国家、企业的使用差异较大。光纤连接对工业 4.0 是必不可少的一部分，需要政府制定包括全面检查有关的通信服务速度和覆盖范围、促进竞争和私人投资等相关政策。

十、提高数字安全

数字技术正面临全新的风险，如数据、知识产权等在科学过程中可能遭受黑客攻击等。增强数字服务的可信度，对于数据共享以及在某些国家 / 地区使用云服务变得至关重要。政府应鼓励及时共享有关数字安全威胁的信息；公共部门可以运行网络攻击模拟并分享经验教训；通过自愿性标准、法规、行业

计划和信息共享网络，提高人们对数字安全性的关注；在各公私机构合作研究中，鼓励各个机构开发和验证相关保密方法，从而提高数字安全性。

十一、优化数字系统，加强科学和创新政策

数字科学与创新政策（Digital Science and Innovation Policy, DSIP）系统使用数字化过程与基础结构来帮助制定和传播科学与创新政策，用于监测政策干预措施、开发新的科学技术创新指标、评估资金缺口、加强技术前瞻以及识别领军专家和组织，数据主要来自资助机构、从事研发的组织、专业文献计量与专利数据库以及网络。DSIP 系统有多种类型，第一个是公共资助者数据库，如比利时的法兰德斯研究信息空间（FRIS），旨在加速创新，支持科学和创新政策制定，与公民共享有关公共资助研究的信息，并减轻研究报告的行政负担；第二个是在研信息系统，如爱沙尼亚研究信息系统（ETIS），爱沙尼亚高等教育机构可以通过 ETIS 管理研究信息并展示研究成果，公共资助者使用 ETIS 评估和处理拨款申请，国家研究评估活动利用 ETIS 进行科研评价；第三个是智能系统，如日本的政策制定智能协助系统（SPIAS），使用大数据和语义技术来检验研究的社会经济影响，有助于处理有关日本的研究成果、影响、资金、研发组织和研究项目的数据。

为利用 DSIP 系统来辅助科技创新政策的制定和实施，政府需确保三个方面的内容：

1. 所涉及数据集的互操作性。建立国际标准和词汇表，以改善科研管理中的数据共享和互操作性，如使用唯一的、永久的和普遍的标识符，为每个研究实体分配唯一的标准化代码，DSIP 系统可以采用这样的标准来链接大学、资助机构和出版物

数据库的数据，从而将研究投入与研究产出联系起来。

2. 防止在研究评估中滥用该系统。在未来的科研评价中，研究活动的各种相关因素都会成为评价指标，以社交媒体为代表的替代计量指标比传统的学术引用指标更广泛、更及时，该类动态指标在多大程度上提供了有效的评价结果，需要决策者认真考虑。

3. 规范 DSIP 系统中非政府人员的行为。非政府参与者正在成为 DSIP 系统中的主要力量，私营公司可以通过其标准和产品来促进互操作性，扩展 DSIP 系统中使用的数据范围和规模。同时也带来风险，如失去对 DSIP 系统未来发展的控制，对数据的歧视性访问，甚至出现由于竞争激烈的网络效应而成为其控制的私有平台。

政府需调整 DSIP 生态系统以适应其需求，制定多机构之间的协调合作与资源共享，以及公共部门数据共享与复用的政策框架。DSIP 系统应涉及多机构的共同设计、共同创造和共同治理。DSIP 基础设施将为 STI 中的多个参与者提供最新的链接数据，政策框架将解决隐私和安全问题，在元数据标准方面的国家和国际合作将解决互操作性问题。

十二、预见潜在的不良结果

STI 数字化过程中也可能带来以下不良后果：一是数字化可能会扩大国家和地区在科技创新能力和收入方面的差距。主要有以下三种可能性：（1）科学中的集中效应。发达国家在产生数据的资本密集型科学工具方面具有相对优势；（2）地方政府的影响。补救措施之一是加强对技能和技术的投资；（3）超级计算的影响。拥有超级计算机和先进 AI 算法的国家，其能力显著提升。二是机器生态系统的过度复杂性和分散性，可能导

致软件故障的频繁发生和影响范围的扩大。三是对科学过程产生负面影响，包括数据驱动型科学中无假设研究的增长、研究结果过早传播等。四是难以预见的社会性风险，如通过向恶意软件添加智能来降低数字安全性等。

（编译：巩玥 何泉，责任编辑：苗晶良）

文章来源

[https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/
the-digitalisation-of-science-technology-and-
innovation_b9e4a2c0-en](https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/the-digitalisation-of-science-technology-and-innovation_b9e4a2c0-en)



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 25 期（总第 453 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 3 月 23 日

英国发布解封计划：COVID-19 复苏战略

〔编者按〕2020 年 5 月 10 日，英国首相鲍里斯·约翰逊（Boris Johnson）在全国直播演讲中首次公布了英国解封计划。5 月 12 日，英国政府发布了长达 60 页的解封细则《我们的解封计划：英国政府新型冠状病毒复苏战略》（*OUR PLAN TO REBUILD: The UK Government's COVID-19 Recovery Strategy*）。在抗击新冠肺炎疫情的过程中，英国的工业遭受了巨大损失，英国将在未来 6 个月内逐步放开因新冠肺炎疫情采取的严格封锁措施，开始重新开放社会和复苏经济。该细则详细阐述了英国自新冠肺炎疫情以来实施的“三阶段”管控、解封指标、解封目标、以及“三步走”解封计划路线图。英国政府强调只有依靠“三步走”解封计划和五大解封指标体系，才能真正解除新冠肺炎带来的社交障碍问题，使社会和经济重新步入正轨。本报告对解封计划的重要内容进行摘编。

一、“三阶段”管控

1. 第一阶段：抑制传播

新型冠状病毒（COVID-19）传播迅速，几乎已经蔓延入侵到世界各国，英国政府采取了一系列措施以遏制其传播。2020年3月3日，英国首次发布遏制计划以减缓疫情爆发。计划建议，从2020年3月7日起，有症状患者将被要求自我隔离7天。3月16日起，英国政府将为最弱势群体提供保护，并呼吁英国公众停止不必要的跟外界的接触以及旅行。3月18日，英国政府将宣布关闭学校。3月20日起，娱乐、接待和室内休闲场所将关闭。3月23日起，将推出“市民统一都待在家里”的要求。研究表明，该阶段的抗疫效果明显。计划指出，从第一阶段实施策略以来，英国的 R_0 （Basic reproduction number）（流行病学中重要的指标，反映传播效率。 $R > 1$ ，感染人数将持续增长；反之，感染人数将会逐渐变少。）从初期的2.7—3.0降至现在的0.5—0.9，表明新型冠状病毒肺炎传播在英国得到有效控制。

2. 第二阶段：有效管控

第二阶段为第一阶段和第三阶段的过渡。在达到第三阶段的理想管控状态前，英国政府将逐步采用更有效的措施来改善现有的社会问题。这些措施有：

（1）定期调整当前措施。在未来几个月中，英国政府将对当前的社会疏散和疫情防控措施进行一系列调整，并根据病毒的传播程度和是否能满足各阶段的解封条件确定下一阶段的解封时间。各阶段都将涉及根据当前条件进行的调整以及新增条件。

（2）制定 COVID-19 安全指导方针。许多措施需出台明确的安全指南，规定各场所的安全运行规范。如，建议在公共交

通等封闭的公共区域使用口罩，并对国际旅客实行更严格的限制。

（3）保护临床易感群体。对于易感群体，英国政府有必要进一步制定更全面的计划，提供相应的防护措施。除常规安全措施外，英国政府将根据地区的风险程度，对易感地区（如监狱和疗养院）加强防护。

（4）强化差别管理。随着英国进入疫情防控的第二阶段，不同地区、不同群体的感染风险出现明显差异。英国政府将强化差别管理措施，对重症、轻症和无症状人群实施不同防护策略，如对无症状感染者继续采取居家隔离措施。同时，提升检测手段，基于更快的检测速度开展筛查，以解放未受感染的人群。

（5）加强限制措施。如果有证据表明新冠病毒将出现第二次大规模传播，英国政府将基于前期经验在短期内加强限制。为避免第二次大规模传播的可能性，英国政府将采取分步行动，并通过全面监测各步效果来制定下一步行动计划。

3. 第三阶段：研发疫苗

当前，新冠肆虐全球，推出有效的治疗方案或研发疫苗是最有效遏制病毒传播的方法。英国政府已投入经费支持治疗新冠肺炎的相关研究，并发展了国际合作伙伴和建造了基础设施，以大规模研发疫苗。

二、五大指标

4月16日，英国政府提出了五大解封指标，分别是：（1）国民医疗服务体系（NHS）能够适应当前形势并确保在疫情严重时依然能够持续供应足够床位；（2）每日死亡人数持续下降；（3）有确切证据表明感染率已减少到“可控标准”；（4）个人防护设备以及检测能力可满足未来需求；（5）避免第二次疫

情严重压垮 NHS 的风险。当前的病毒传播能力在可控范围（R 值介于 0.5—0.9 之间，但仅略低于 1），现阶段英国政府已取得有效进展，如 NHS 的通气床容量增加，而 COVID-19 患者对此的需求现在有所减少，社区死亡人数正在下降。然而，英国政府指出，现在还不能掉以轻心，应谨慎地实行解封计划，并时刻以五大解封指标为衡量标准，以坚决避免重大调整导致 NHS 被二次感染高峰压垮的局面。

三、两大目标：挽救生命，挽救生计

对抗此次疫情期间，英国政府始终将挽救生命和保障国民经济作为抗疫策略的首要目标，设法将封锁带来的其他损失降至最低。同时，为避免因急于解封而导致疫情的二次爆发，英国政府明确提出必须制定科学解封计划，从容放开儿童教育、家庭隔离、经济恢复，而解封的关键点在于大规模的检测能力，英国政府将制定更明智的措施，稳步地重新设计当前的社会解封措施，在人们恢复正常工作的同时谨慎地缩减经济支持计划，并通过考虑以下三个主要因素逐步实现目标。

1. 健康因素。国民健康状况是首要因素，英国政府必须考虑国家整体健康状态。主要方面包括：（1）COVID-19 的致死人数；（2）COVID-19 患者受到的间接危害；（3）由于采取的部分措施导致死亡率和其他疾病增加的风险；（4）贫困增加对国民健康的长期影响。

2. 经济因素。保护和恢复人民生计是第二重要的考虑因素。归根结底，强有力的经济是保护劳动率、保障国家资助重要公共服务（包括医疗保健）的最佳途径。主要包括：（1）短期经济影响，如在安全的地方可以让人们重返工作岗位；（2）长期经济影响，可能因人们失业和破产而受到损害；（3）公共财政

的可持续性，以便政府可以支付公共服务和医疗保健方面的费用；（4）金融稳定，以便银行和其他机构可以继续为经济提供金融服务；（5）分配的影响，仔细考虑政府针对不同收入和年龄段，业务部门和全国部分地区采取的措施。英国政府还需要保护英国的国际经济竞争力，在可能的情况下，寻求新的经济机会。如，英国拥有世界领先的制药和医疗设备制造业。

3. 社会影响。第三个考虑因素是社会隔离措施对公众日常生活的广泛影响。英国政府必须采取行动，尽可能减少对社会造成的不利影响。主要包括：（1）儿童教育损失的时长；（2）社会公平性，尤其是对受到社会隔离措施影响最大的人群的影响；（3）强化维持英国赖以生存的公共服务和组织，尤其是那些保护或支持社会最弱势群体的机构或组织。

四、“三步走”解封计划^①

第一步：分级复工，于5月13日正式实施。

（1）若条件允许，应当在家办公；条件不允许且工作场所已开放（如食品生产、建筑、制造、物流、配送和实验室），应当保持高度社交距离，在通勤时尽量避免乘坐公共交通工具；条件不允许且工作场所未开放（如零售店、酒吧、夜店等容易传染疾病的室内娱乐场所），应当继续居家隔离，等待开放通知。

（2）学校须进行远程教育，不建议现场教学，但弱势群体（包括被地方当局评估为其他弱势的儿童群体）和重要工作人员的

^① 2021年1月29日，英中网（<http://ukchinese.com/2021/01/29/%E8%8B%B1%E6%94%BF%E5%BA%9C%E4%B8%89%E6%AD%A5%E8%B5%B0%E8%A7%A3%E5%B0%81%E8%AE%A1%E5%88%92%E6%9B%9D%E5%85%89/>）发布消息称：实际执行的“三步走”解封计划时间是，2021年3月8号学校开学，这是政府解封计划“三步走”中的第一步；第二步是2021年4月份开放非必需品商店；第三步是2021年5月份开放餐馆和酒吧。

群体除外。

(3) 外出应尽量避免乘坐公共交通，减少与他人紧密接触。公共场所允许与一名非家庭成员共同锻炼，但必须保持2米以上的安全距离。密闭空间和公共场所中需带面罩（非口罩，口罩留给医护人员），两岁以下或可能难以正确使用的儿童（如无人帮助的小学生或患有呼吸道疾病）不必使用面罩。

(4) 临床易感人群（70岁以上患有特定慢性疾病以及孕妇）更容易感染 COVID-19，需要特别注意尽量减少与非家庭成员的接触，但不必被隔离。临床极易感人群应始终居家隔离，避免任何面对面接触。政府为隔离人群和易感人群提供相应支持。

(5) 英国政府提高对违反规章者的惩戒力度，严厉处罚，高额罚款。

(6) 英国政府将在边境采取一系列限制措施。首先，除增加有关边境社交隔离制度的信息外，还将要求所有国际入境者提供其联系方式和住宿信息，强烈建议其下载并使用 NHS 联系人跟踪应用程序。其次，政府将要求所有不在清单中的国际入境者在抵达英国后自我隔离14天，若无法提供隔离地点，则将被安排在政府指定地点进行自我隔离。

第二步：学校复课，最早于6月1日实施。

(1) 分阶段开学。如该阶段的解封条件得到满足，将考虑学校复课。小学生最早于6月1日返校，优先解封小学学前班、一年级和六年级，其次是明年参加考试的中学生。具体复学计划拟于5月下旬公布。

(2) 在遵守最新 COVID-19 安全准则的情况下，允许部分零售店开业。从6月1日起分阶段进行，政府将在短期内就分阶段复工办法发布进一步指导，包括各阶段将涉及的业务和时

间范围。鉴于传播风险过高，包括接待和个人护理在内的所有其他部门，目前将无法重新开放。

（3）在避免大规模社会接触风险的条件下，允许在非公开场所进行文化和体育活动。

（4）在严格控制拥挤空间感染风险的情况下，重新开放公共交通工具。

（5）为减少“居家隔离”对特殊人群造成的负面伤害，保证社交生活的正常进行，英国政府将允许每两个家庭间创造“家庭社交泡泡”（Household Social Bubble），一起抚育小孩或者家庭“团建”。

第三步：重启营业，最早于 7 月 4 日实施。

此步骤实施需进行五项测试以证明其合理性，并在规定时间内提供更科学、详细的建议。政府将会开放一些其他场所，包括个人护理类（如美容美发）、餐饮酒店类（如餐饮服务供应、酒吧和住宿）、公共场所（如宗教场所）、休闲设施（如电影院）、部分体育比赛场馆等。通过分阶段试点开放高风险企业和公共场所，测试其采用最新 COVID-19 安全准则的可靠性。同时，政府将监测世界各地重新开放此类场所的影响。政府将建立工作组，通过各方紧密合作，确保这些企业和公共场所在安全的条件下重新开放。

（编译：巩玥 罗彧，责任编辑：苗晶良）

文章来源

<https://www.gov.uk/government/publications/our-plan-to-rebuild-the-uk-governments-covid-19-recovery-strategy>



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 26 期（总第 454 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 3 月 23 日

发明人工智能：追踪美国 AI 专利扩散

〔编者按〕2020 年 10 月 27 日，美国专利商标局（USPTO）发布《人工智能发明：追踪美国人工智能专利扩散》（*Inventing AI Tracing the diffusion of artificial intelligence with U.S. patents*）分析报告。该报告显示，从 2002 年到 2018 年，美国人工智能专利的年申请量增长超过 100%，从每年 3 万件增加到 6 万多件，含人工智能的专利申请所占份额从 9% 上升到近 16%。同时，活跃于人工智能领域的发明人和专利权人比例从 1976 年的 1% 上升到 2018 年的 25%。此外，排名前 30 位的人工智能公司大多来自信息和通信技术领域，只有少数例外，如美国银行、波音和通用电气。本报告对其主要内容进行摘编。

1950 年发表的一篇关于人工智能（AI）的开创性论文中，Alan Turing 提出了“机器能思考吗”的疑问，并专注于机器如何模仿人类。至今，人工智能是伟大的进步，人们日常生活中可以在家里舒适地发出问题，数字助理通过声音识别，解释问

题，并给出答案，同时，机器人吸尘器可以在复杂的地形中导航。街道上，汽车扫描并识别周围的环境，以更高得自主性驾驶。在经济体中，如商业、运输物流、医疗保健和金融业的决策越来越被机器预测改善。

人工智能可能改变人们对周围世界的看法和日常生活的方式，通过创新实现这些变化。人工智能以蒸汽机和电力的规模彻底改变世界。如何衡量人工智能的潜在影响的一个重要的指标是通过专利的性质和普及度来体现人工智能技术。专利可以揭示人工智能技术的数量是否增长，它们是否在广泛的技术领域、发明人、公司和区域之间扩散。该报告使用机器学习人工智能算法确定了 1976 年至 2018 年发布的所有美国人工智能专利申请。这种人工智能方法灵活地从专利文档的文本中学习，不受特定分类号和关键字的限制，从而提高了识别人工智能专利的准确性。

一、人工智能专利简介

美国国家标准与技术研究所 (NIST) 将人工智能技术和系统定义为“由软件和硬件组成，它们可以学习解决复杂问题、进行预测或承担需要人类的感知（如视觉、语音和触摸）、洞察、认知、规划、学习、通信或物理动作的任务。”对于专利的申请与授权，AI 被定义为包含八种组件技术中的一项或多项，这些组件跨越软件、硬件和应用程序。

1. 知识处理

知识处理领域涉及表示和推导关于世界的事实，并在自动化系统中使用这些信息。如美国金融公司 Intuit Inc. 使用一种预定义的“知识库”来自动检测会计错误的算法。

2. 语音识别

语音识别技术指能够理解以声音信号形式传递的文字序列。如苹果的 Siri、亚马逊的 Alexa，或者微软的 Cortana，这些智能语音助手可以对语音指令做出缜密的回答。

3. 人工智能硬件

现代 AI 算法需要相当强的计算能力。人工智能硬件包括物理计算机组件，旨在通过提高处理效率和速度来满足这一要求。例如 IBM 公司的一项专利，描述了一种用于高效信息处理的设备，该设备模拟类似于生物大脑的生物神经元之间的突触来处理信息。

4. 进化计算

进化算法产生的灵感借鉴了大自然中生物的进化操作，它一般包括基因编码、种群初始化、交叉变异算子、经营保留机制等基本操作。如美国雪佛龙公司有一项预测可用石油储量的进化算法，其通过评估大量竞争模型，使用遗传算法选择其中最高性能的模式。

5. 自然语言处理

理解和使用书面语言编码的数据是自然语言处理的领域。例如美国辛辛那提儿童医院医疗中心的一项专利，通过模拟各种人类记忆方法并使用文本来构建方案。生成的方案可用于提高各种医疗保健管理任务的效率，例如为临床记录分配账单编号。

6. 机器学习

机器学习领域包含一大类从数据中学习的计算模型。沃尔玛有一个算法，通过使用众包对产品描述、评论和其他产品特性进行分类来解决不明确的问题，从而优化其电商平台。

7. 计算机视觉

计算机视觉从图像和视频中提取和理解信息。如亚利桑那州立大学的一项医用专利，可自动检测结肠镜检查期间拍摄的图像中的异常。

8. 规划与控制

规划与控制包含识别、创建和执行活动以实现特定目标的过程。例如美国 Fisher-Rosemount Systems 公司的一项专利，可以在加工厂出现异常状况时，帮助减少成本高昂的工作流程分析。此发明描述了一种通过视觉、声音或其他环境条件检测中潜在的问题，并使用专家系统识别和解决这些问题的方法。

二、人工智能的重要性日益提升

报告指出，人工智能专利申请量的增加标志着有价值的新技术的出现，这些申请量反映了投资者和创新者的眼光，他们寻求新技术进行创新，而人工智能技术则显示出了这种增长趋势。

图 1 所示，1976 年到 2018 年公开的人工智能专利申请量及其在所有公开专利申请中所占份额的长期趋势。由于美国发明人保护法 (AIPA) 是在 1999 年底及其实施期 (图 1 中的灰色区域) 所作的修订，2002 年后的趋势能够提供更有用的信息。从 2002 年到 2018 年，人工智能专利申请量和份额普遍增加，其中人工智能专利的年申请量增长了一倍以上，从 3 万件增加到了 6 万多件。虽然美国专利商标局的专利申请总量在这段时间内也有所增加，但人工智能申请的占比也出现了显著增长，从 2002 年的 9% 增长到 2018 年的近 16%。如前所述，一项专利可以属于上述八项组件技术中的一项或多项。例如，美国第 7392230 号专利，题为“利用纳米技术的物理神经网络液态机器”，根据该报告所采用的方法被分为机器学习和人工智能硬件组件技术。

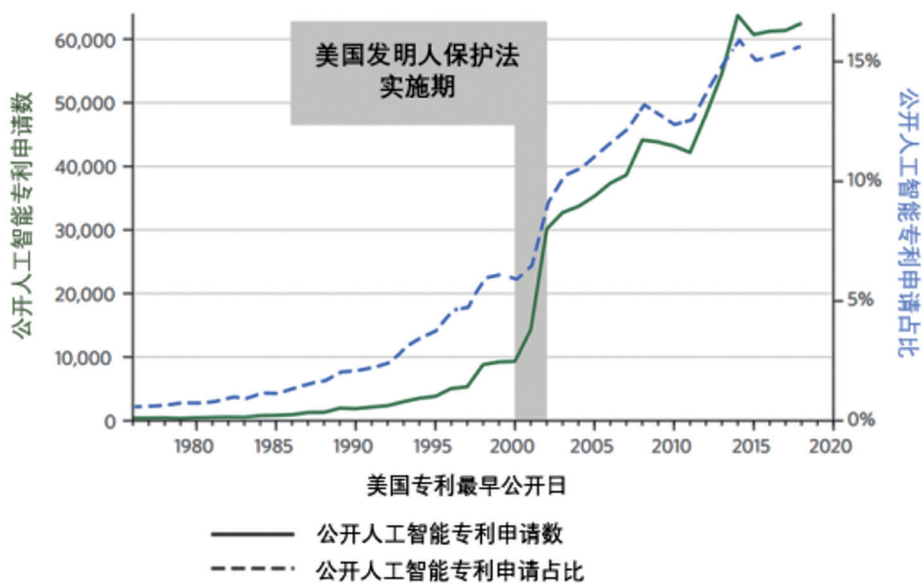


图1 1976—2018年美国人工智能专利申请量和占比

图2显示了1990至2018年公开的人工智能组件技术专利申请量，最多的是规划与控制（红色虚线）和知识处理（浅蓝色虚线），它们是最通用的人工智能组件技术，其他组件技术（如机器学习）的专利通常都会包括规划与控制或知识处理的元素。

自2012年以来，机器学习和计算机视觉领域的专利申请量显著增加。这两种人工智能技术都是AlexNet在2012年取得成功的关键，AlexNet是2010 ImageNet大规模视觉识别挑战赛的一部分，也是一个分水岭，它改变了图像识别和机器学习（特别是深度学习）的技术轨迹。

人工智能硬件以及计算机视觉的专利申请量同步增长。这两种组件技术专利申请的紧密联系可能反映了图像识别的进步以及计算能力和性能需求之间的相互影响。专用硬件包括计算机处理器和专用内存的加速器，人工智能的其他应用（例如自动驾驶汽车）也涉及专用硬件。

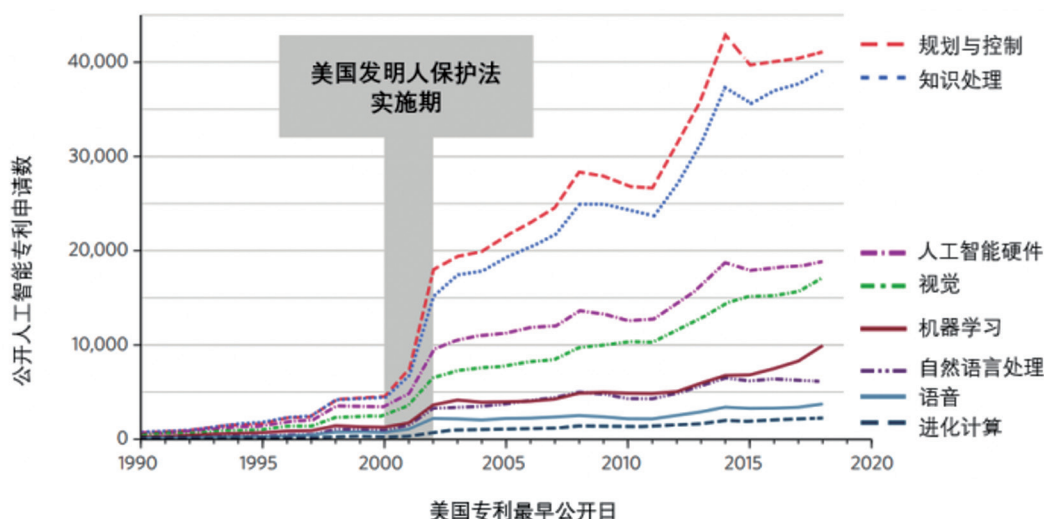


图 2 1990—2018 年公开的人工智能组件技术专利申请量

三、发明视角下的 AI 技术扩散

技术扩散是指发明者、公司和其他创新者传播和采用的新技术。广泛传播的技术对创新、生产力和经济增长具有潜在的巨大影响，例如，蒸汽动力、电力和信息技术极大地提高了经济生产中商品的数量和种类。专利文献为扩散提供了一种独特的“发明透镜”。这些文件包含了对发明技术的详细描述以及其他元数据，这些元数据确定了专利的技术分类、发明者、分配的所有者、位置 and 关键日期。

1. AI 在技术间的扩散

对于每件专利申请，USPTO 都会审查其技术内容，并根据主题将专利划分到特定的技术分组。当前系统具有 600 多个子类，涵盖了大量主题，包括化学、电子、机械和材料等。图 3 显示了从 1976 年开始人工智能的技术扩散情况。与人工智能专利申请总量的增长类似，人工智能正在更大的技术范围中扩散（绿色实线）。

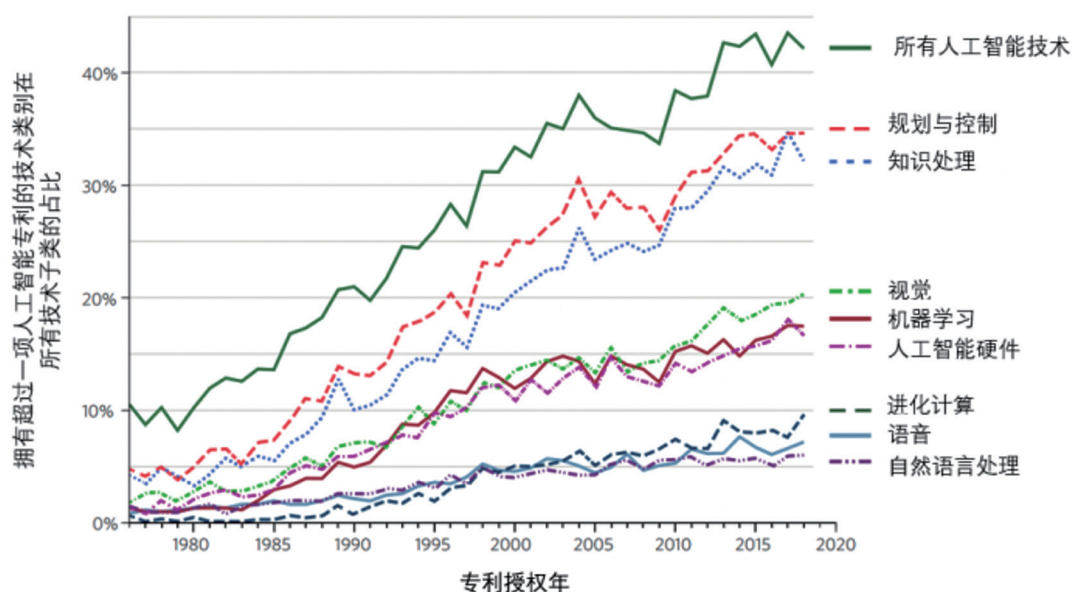


图3 1976—2018年人工智能及其组件专利在所有专利技术子类的分布情况

1976年，人工智能的专利出现在大约10%的技术子类中，到2018年，已扩大到42%以上的技术子类中。

人工智能组件技术分成了三个具有不同扩散率的集群，第一个集群（知识处理和规划与控制）正在以最快的速度扩散到各个专利技术类别中，此状态反映了这些人工智能组件在各种技术领域中的普遍适用性。

第二个集群（视觉、机器学习和人工智能硬件）扩散速度较慢，但仍在增加。

第三个集群（进化计算、语音和自然语言处理）的扩散速度最慢，在20世纪90年代后期一直徘徊在5%左右，直到最近才扩展到近10%的技术子类中。

这些集群表明人工智能组件技术之间相互依赖，但还需要更多的研究来了解这些模式背后的因素。

2.AI在发明者和专利所有者之间的扩散

当越来越多的发明家、公司和其他组织在其发明和生产过

程中使用人工智能，人工智能的经济影响变得越来越大。每年获得人工智能专利的发明人和组织的百分比是扩散的一个指标，这一指标可以用授权专利上出现的发明者和组织的名字来计算。然而，使用原始专利数据会对发明者和组织进行错误计数。例如，“International Business Machines”和“IBM”是两个不同的组织。为了克服这个限制，该报告使用了专利视图，专利视图为发明人（以下简称为发明人 / 专利权人）和以专利命名的组织提供唯一的身份标识。

图 4 显示了从 1976 年到 2018 年至少获得一件人工智能专利的美国个人发明人和专利权人占比，这一比例的增长表明有更多的发明人和专利权人在其发明中使用人工智能技术，个人发明人和机构专利权人占比总体同步增长。获人工智能专利的个人发明人占比在 1976 年仅为 1%（蓝色虚线），到 2018 年增长到 25%，即 2018 年所有个人发明人专利中有 25% 的专利使用了人工智能技术。从 2009 年开始，使用人工智能的个人发明人所占比例甚至超过了使用人工智能的机构（蓝色虚线与绿色实线交叉），这意味着扩散不仅发生在机构之间，而且发生在个人间，越来越多的个人和机构在其工作中采用了人工智能技术。

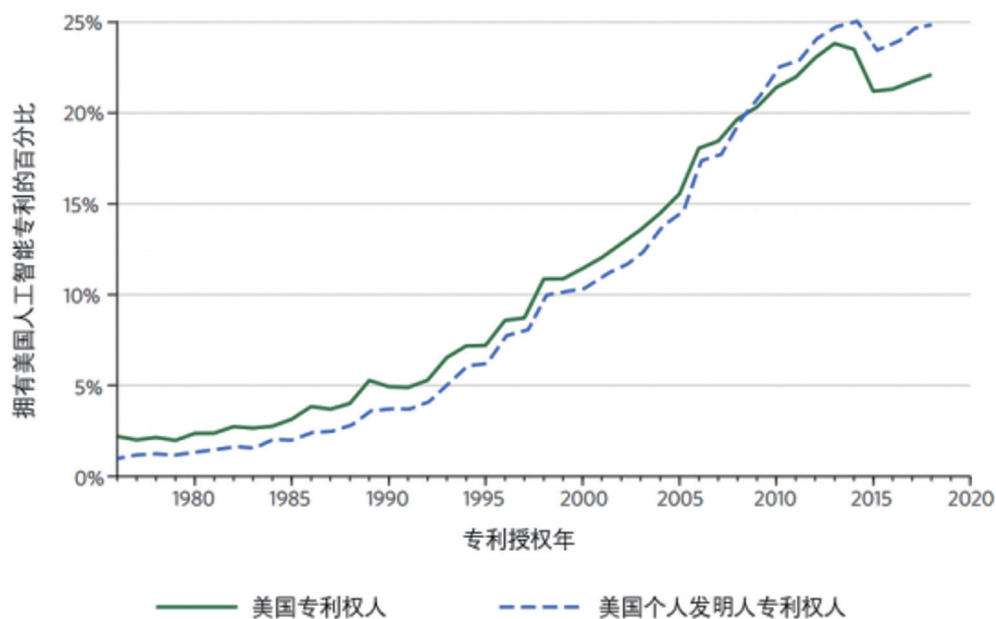


图4 1976—2018 年拥有人工智能专利的美国发明人和专利权人占比

图5列出了拥有人工智能专利的美国前30强公司。根据授权专利时的记录，这些公司持有1976年至2018年授予的所有人工智能专利的29%。前30名公司大多属于信息和通信技术(ICT)领域，也有例外，如通用电气、波音和美国银行。



图 5 1976—2018 年美国人工智能专利权人机构 30 强

3. AI 在地理范围上的扩散

根据不同时间段美国各地专利发明人所在地点的对比，可以发现人工智能发明人 / 专利权人往往集中在较大的城市和已建立的技术中心，如加利福尼亚州硅谷，这些位置具有资源优势，使早期采用更容易。例如，技术中心已经是成功公司的所在地，这些公司的员工拥有理解和实施人工智能技术所需的专业知识，这一优势也延伸到拥有主要研究型大学的地区。数据显示，自 2001 年后人工智能发明者 / 专利权人的位置正扩散到全美各州。

例如，缅因州和南卡罗来纳州在数字数据处理和适用于商业的数据处理方面非常活跃；俄勒冈州的发明者 / 专利权人正在健身训练和设备中使用人工智能；在蒙大拿州，人工智能被纳入分析材料化学和物理特性的发明中。

美国中西部也在采用人工智能技术，尽管数量少得多。发明人 / 专利权人正在使用人工智能进行数字信息传输、图像处理以及数据识别和呈现。威斯康辛州在医疗器械和诊断、手术和鉴定流程方面领先，其次是俄亥俄州和堪萨斯州。例如，美国专利号 9687199，标题为“提供疾病预后的医学成像系统”，该发明结合了多个机器学习模型来分析不同的患者特征，这些特征被组合成用于疾病预测的完整模型。

在爱荷华州、堪萨斯州、密苏里州、内布拉斯加州和俄亥俄州，人工智能技术正在为电话通信的相关发明作出贡献。例如，在俄亥俄州，美国专利号 9756185 详细说明了一个自动呼叫分析系统，以评估电话交谈的质量和监督员工的表现。

应用与农业相关的人工智能技术是北达科他州的一个重点。例如，美国专利号 9723784，标题为“基于镜面反射的作物质量传感器”，对作物样品进行成像，识别单个籽粒，并确定哪些

籽粒是完整的和未破碎的。该传感器允许对收割机的收割进行调整，以降低谷物破碎的百分比。

四、展望

人工智能在技术、发明人和专利权人之间和地理上的数量增长和扩散表明，人工智能对美国发明越来越重要。人工智能技术能否像电力或半导体一样具有革命性，一定程度上取决于创新者和公司能否将人工智能发明成功地融入现有的和新的产品、流程和服务中。人工智能技术的广泛应用对美国创新能力的提升起到了至关重要的作用。

（编译：江晓波，罗彧，责任编辑：王达）

文章来源

<https://www.uspto.gov/sites/default/files/documents/OCE-DH-AI.pdf>



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

世界科技经济新动态（第21辑）

第27-1期（总第455-1期）

中国科协创新战略研究院

2021年3月26日

全球数字货币发展策略的最新动态

〔编者按〕数字货币是数字经济发展的产物，其诞生和发展将会逐步改变货币格局，不断冲击着社会政策法规、经济、科技的传统框架。数字货币将会给美元霸权地位构成巨大的挑战，正如数字经济之父所说“各国央行数字货币竞争在紧锣密鼓的进行，现在全球正在形成一个巨大的战场，看谁将会成为第一”。本期主要聚焦全球数字货币发展的最新动态，分析全球数字货币发展趋势及我国面临的机遇与挑战，以期为我国数字货币和数字经济发展提供决策支撑。

〔本期聚焦〕

美国、欧盟等多家金融机构联合发布《央行数字货币：基本原则和核心特点》报告

2020年10月，美国、欧盟等多家金融机构联合发布《央

行数字货币（CBDC）：基本原则和核心特点》报告，主要内容如下：

（一）CBDC 的基本原则

CBDC 是由央行发行、以本国货币单位计价、直接计入央行表内的一种支付工具。目前央行主要发行两种货币，第一种是主要面向大众、用于日常支付的物理现金，第二种是主要面向金融机构的储备金账户。大众在商业银行的储蓄并不属于上述两种央行货币，但央行允许商业银行储蓄通过提现的方式转换为央行货币。CBDC 将成为第三种央行货币。

总体而言，CBDC 的发行中应考虑以下三个基本原则：

1. 无害：CBDC 的发行应帮助央行实现其基本的政策目标，并且不能阻碍央行行使维护金融和货币系统稳定的职能。比如 CBDC 应该维护该国货币系统的统一性，允许大众能够可互换地使用不同形式的货币。

2. 共存：考虑到央行维护金融稳定和金融审慎的责任，不同形式的央行货币，无论是新兴的还是传统的，均应与商业银行储蓄共存并形成互相补充。发行新兴货币的过程中央行也应对传统央行货币继续保持支持，直到大众对某种货币失去需求。

3. 创新和高效：如果法定货币长期以来一直在创新和效率上不能满足大众的需求，那么大众可能开始使用其他安全性较差的货币，有可能损害消费者利益和金融稳定。

（二）CBDC 的核心特点

为了实现上述基本原则，CBDC 应在设计上体现出下列 14 个核心特点。

功能性特点	
可互换	为了维护货币体系的统一性，CBDC 应该可以与其他央行货币和商业银行储蓄互换。
便利性	CBDC 的使用在便利上应该至少与其他货币形式相同，如支持感应支付和扫码支付等。
可获取、市场接纳度高	CBDC 的应用场景应该与传统货币尽可能一样广泛，如支持个人与个人之间的转账以及非联网情况下的支付。
低成本	对于使用者来讲，CBDC 的获取和使用应该尽量低成本，包括财务成本及学习成本。
系统性特点	
安全	CBDC 的基础设施应该具有较高的抗攻击能力，同时 CBDC 在设计上要考虑到如何对抗假币。
即时性	CBDC 的结算应该实现实时或近实时结算。
高韧性	CBDC 系统应该对人为失误、自然灾害和外部打击具有极高的韧性。
可用性	大众应当可以在全年度每一天均能使用 CBDC 完成支付。
高容量	CBDC 系统应该能同时处理极大数量的交易。
可扩容性	考虑到 CBDC 可能会出现使用规模上的快速上升，CBDC 系统在设计上应该可以考虑可扩容性。
兼容度	CBDC 体系能够提供足够的操作机制来帮助资产在不同的货币体系间无缝流动。
灵活性	CBDC 体系应该具有足够的灵活度来满足未来金融体系的变化和新的政策目标。
体制特点	
可靠的法律基础	央行应在 CBDC 的发行和管理上被给予界定清晰的授权。
监管标准	CBDC 体系的设计应该能够满足相应的监管标准（如 CBDC 的转账、存储和扣押等方面监管标准应该至少等同于储蓄和现金）。

Central bank digital currencies-foundational principles and core features. <https://www.bis.org/publ/othp33.pdf> [2020-11-8])

[最新动态]

世界经济论坛发布《连接数字经济：跨境支付的政策建议》

2020年6月，世界经济论坛发布《连接数字经济：跨境支付的政策建议》。报告认为，数字支付是数字贸易增长的核心和关键促成因素。数字支付总体上提高了经济效率、减少了犯罪和腐败，且有助于从非正规经济向正规经济过渡。报告提出了数字支付面临着市场壁垒、互操作性、安全和监督四个方面的挑战，并为决策者提供了克服这些挑战的建议，认为解决上述问题需从以下四个方面开展：

1. 为数字支付服务供应商提供、加强和扩大“国民待遇”。承诺支持保护数据的自由流动，同时确保对数据的监管访问。在世界贸易组织创建一个关于支付服务的“参考文件”。探索建立区域支付委员会，使公共和私营部门团结起来。

2. 探索数字贸易协议，以改善互操作性。数字支付服务的障碍包括不同国家国内基础设施和加工要求、强制性的数据驻留，以及外国公司的许可证和股本要求，不采用国际标准可能会造成跨界摩擦。报告建议建立开放的银行准则，以刺激竞争和创新。采用国际公共基础设施标准以及金融行动工作组标准创造公平的竞争环境。

3. 建立关于网络安全的公私伙伴关系。数字支付本质上是一项极其复杂的过程，需要在不同的实体和法域间转移资金，还需关注如何减少欺诈、防范网络攻击、预防流动性风险和外汇波动等。鼓励执法合作并使司法互助条约现代化。通过政府主导的计划鼓励网络安全教育，私营部门在与消费者接触网络安全方面必须积极配合。

4. 探索双边，区域和多边监督协调。基于各国监管机构之间的信息共享、将合格的公司推荐给其他司法管辖区和致力于探索与金融创新有关的联合项目的承诺等领域合作协议考虑，以共享信息并改善对提供包括付款在内的跨境金融服务公司监管监督的协调为基础，探索双边，区域和多边监督协调。

Connecting Digital Economies: Policy Recommendations for Cross-Border Payments.

http://www3.weforum.org/docs/WEF_Connecting_Digital_Economies_2020.pdf.

欧盟发布《数字欧元报告》应对金融科技和支付环境变化

2020 年 10 月，欧洲央行发布了《数字欧元报告》，明确提出为了应对未来金融科技和支付环境的变化，欧盟需要做好发行数字欧元的准备，并对未来的数字欧元做出设想。

（一）发行动机

1. 支持欧洲经济的数字化和欧盟的战略独立性。数字欧元不仅能帮助欧洲金融行业进入数字化时代，同时也能确保支付服务等领域欧洲不必受制于境外服务提供者的制约。

2. 应对物理现金使用率的大幅下降。物理现金使用率的下降意味着欧洲公众会更依赖于商业银行储蓄等私有部门产生的货币，无法获得安全的央行货币。

3. 应对未来其他 CBDC 和私营数字支付系统在欧元区被大面积使用的可能性。私营部门和其他政府发行的 CBDC 将会威胁欧盟的政治主权以及货币政策有效性，因此欧盟需要做好准备应对这一情况。

4. 作为新的货币政策工具。CBDC 可以帮助监管部门出台更加直接地通过利率刺激消费和投资。

5. 应对常见支付服务所带来的风险。目前常见的支付服务更加容易受到互联网攻击、自然灾害或者大规模流行病的干扰。

6. 降低货币和支付服务的成本和碳足迹。

（二）数字欧元可能造成的影响

数字欧元的发行可能造成严重的金融不稳定，例如可能有大批用户在短时间内将其资产从银行储蓄转换成 CBDC，或者数字欧元可能会成为投资者的避险资产。在这种情况下，商业银行为吸储可能会提高利率，因此损害商业银行的金融媒介功能。与此同时，提高储蓄利率也会影响商业银行的放贷功能，导致社会信用供给成本提高。最后，投资者如果将 CBDC 作为避险资产进行购买（而非传统避险资产如国债等），那么低风险金融产品的稳定性也将受到影响。

（三）技术与投放模式

从技术层面上，数字欧元既可以采取**中心化程度较高**的技术框架，将所有交易记录于央行的总账（ledger）上，也可以在一定程度上实现去中心化，允许用户和服务提供商参与一定程度的转账记录。但是无论如何，在技术上始终要确保央行对后端技术基础的最终控制权。

此外，数字欧元的投放可以在一定程度上允许私有部门作为中间机构向用户提供服务，也可以由央行直接向用户提供服务。但无论如何，在框架设计上数字欧元的运营框架应该始终为私有部门创新留下空间。

European Central Bank: Report on a digital Euro.
https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/Report_on_a_

美国布鲁金斯学会发布《央行数字货币的设计选择》报告

2020年7月，美国布鲁金斯学会发布《央行数字货币（CBDC）的设计选择》研究报告，从性能、隐私和安全性角度分析了央行数字货币设计的基本技术挑战，讨论了可能解决CBDC设计挑战的最新技术，提出了对完善CBDC功能和应用途径的愿景。

报告认为，发行CBDC的潜在收益为：（1）效率：CBDC可以显著地提升现有支付系统的效率，降低交易成本的同时，提高交易速度。（2）拓宽税基：CBDC可以将更多经济活动纳入税务网络，打击逃税。同时，CBDC的可追溯性也能威慑洗钱和恐怖融资等活动。（3）货币政策的灵活性：CBDC的发行意味着央行可以设立负值税率，同时需要在需要放宽货币供应的时候央行可以直接向个人“撒钱”，并通过技术层面限制此类货币供应的用法。（4）支付后台：CBDC可以作为私有机构的支付后台发挥作用，防止支付系统崩溃。（5）金融普惠：对于没有银行账户的人群，CBDC可以帮助这一部分人使用电子支付系统，并有可能成为其他金融服务的入口。

发行CBDC的潜在风险为：（1）金融脱媒：由于CBDC的支付更加便捷，大众可能会更加倾向于获取CBDC，这有可能会限制商业银行提供金融服务的能力，造成金融脱媒。（2）政府干预不当：如果政府不能合理利用CBDC，金融系统可能会面临系统性危机，或者出现与传统支付系统不兼容的现象。（3）监管能力落后：由于CBDC能显著降低支付成本，提高支付效率，监管方可能会面临全新的金融风险。（4）个人隐私：由于技术限

制，如果 CBDC 在设计理念上专注于提高支付效率，那么监管机构必然将获取更多的支付信息。（5）技术弱点：作为新兴技术的应用，如果出现技术漏洞或设计失误，CBDC 可能会带来严重的安全风险。（6）法律问题：由于各国央行有可能通过技术手段维持对本国发行的 CBDC 的强力控制，因此涉及外币资产的司法行动可能必须借助国际合作进行。

Brookings: Design choices for Central Bank Digital Currency.

https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2020/07/Design-Choices-for-CBDC_Final-for-web.pdf

美国布鲁金斯学会指出数字货币美国要学中国

2020 年 6 月，布鲁金斯学会发布了《脸书天秤币 2.0：为什么不信任它却喜欢它》。报告从天秤币 2.0 和 1.0 的对比、天秤币 2.0 在实现金融普惠（financial inclusion）方面的愿景、中国移动支付产业对美国的启发以及天秤币 2.0 对央行数字货币的影响四个方面进行了讨论。报告认为中国移动支付产业的发展可能给天秤币带来若干启示：（1）中国移动支付公司帮助消费者完成货币电子化的方式值得参考。（2）系统稳健程度对于用户规模增长尤为重要。（3）利用支付平台提供金融服务对于提升用户留存有极大的帮助。（4）中国对支付平台在备付金、信息披露方面监管的经验对美国政府设计对数字货币的监管体系有一定的启发，美国政府应尽早出台相应的监管框架。

Brookings Institutes: Facebook's Libra 2.0: Why you might like it even if we can't trust Facebook.

美国布鲁金斯学会认为“中国的数字货币将会崛起，但不会取得支配性地位”

2020年8月，美国布鲁金斯学会发布《中国的数字货币将会崛起，但不会取得支配性地位》报告，认为中国的金融改革将增强数字人民币和中国的人民币跨境支付系统的国际地位，但是短期内无法取代美元占据支配性地位。

报告指出，在过去几年，人民币的国际地位经历了一段时间的快速崛起，成为了全球第五大用于国际支付的货币，并且在2016年进入了国际货币基金组织（IMF）的特别提款权货币篮子。但自此之后，人民币的国际化进程进入了停滞期，目前国际交易中仅有不到2%是由人民币完成的，而其在各国储备金中所占的比例也在2%停滞不前。

报告认为，2020年上半年，中国正式推出了人民币CBDC，在几个主要城市开始了试点。但是尽管人民币CBDC的进程要快于其他主要经济体，但在人民币国际地位上CBDC并不能起到决定性的作用。相比之下，中国的人民币跨境支付系统（CIPS）可能对人民币国际转账具有更直接的促进作用。

报告认为，CIPS的初衷是绕过西方国家主导的环球银行金融电信协会（SWIFT）系统完成国际支付。这一愿景对于与中国有着密切贸易往来的国家有着较大的吸引力，这使得他们与人民币有关的国际结算更为方便。人民币CBDC迟早会与CIPS结合，但这对推进人民币国际化进程的效果不会很明显，因为中国对资本流入和流出的管控仍然较为严格，央行也仍然将会直接管理人民币汇率。尽管目前对于资本流出的管控已经有一定的松

动，而央行也已经承诺减少对汇率的干预，但每当资本流出压力提高时，政府仍然会出手管控，因此国际投资者及各大央行将始终对人民币持有怀疑态度。金融市场出现变动时，各国投资者也很难将人民币视为避险货币。成为避险货币需要信任，而信任来自对法治的尊重以及政治力量的相互制衡。

报告强调，尽管特朗普上任以来其对美国的政治稳定造成了极大的干扰，但美国的支配性经济地位、高流动性的资本市场和仍然强韧的政治框架意味着挑战美元的全球地位短期内很难实现，人民币国际地位的上升也大体上是通过争夺欧元和英镑的原有地盘而来。人民币在 IMF 特别提款权中的权重也大多来自欧元、英镑和日元，而非美元。

China's digital currency will rise but not rule.
https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/Report_on_a_digital_euro~4d7268b458.en.pdf

〔专家观点〕

数字货币的发展将使传统的世界金融货币体系崩塌，新的竞争力量争夺话语权。随着数字货币的推广和观念的更新，以后美元将不再是现在的美元，人民币也不会是现在的人民币，在实力和信用的基础上，谁越得人心就越会站在新的制高点上。

（一）目前数字货币发展的态势和趋势

一是政府将成为推动数字货币大规模应用和下一轮区块链技术创新的主要力量。目前全球范围内各大主要经济体均投入到了开发和试点央行数字货币的竞赛当中，亚洲国家和欧洲国家目前已经几乎到了央行数字货币开发的最后冲刺阶段。随着各国政府对数字货币的认知和其战略优势越来越深，更多资源

将会被投入到央行数字货币的开发中，因此政府机构将会成为推动数字货币技术创新和大规模应用的主要力量。

二是数字货币基础设施和创新能力重要性凸显。随着越来越多的财富以加密资产的形式保存，未来建立高安全、高冗余的加密资产基础设施和创新能力的重要性将会被进一步凸显。这些设施和技术可能包括能够足够安全的加密资产钱包、加密资产交易中心，和认可度高的加密资产估值体系。

三是AI技术与区块链技术的结合将会进一步发挥两者的独特优势。通过将AI技术与区块链技术结合，区块链技术能够对所有输入AI算法的数据进行验证，确保AI算法始终得到的是可验证、来源清晰的数据，使得AI更加值得信赖。

四是各国央行数字货币的发行动机兼顾创新发展与金融安全。各国发行央行数字货币的动机除了为促进经济数字化转型外，更重要的是为了应对其他数字货币在本区域的影响。例如欧盟发布数字欧元的动机主要有：支持欧洲经济数字化和战略独立性、应对物理现金使用率的大幅下降、应对未来其他CBDC和私营数字支付系统在欧元区被大面积使用的可能性、作为新的货币政策工具、应对常见支付服务所带来的风险。

（二）中国数字货币发展挑战与机遇并存

一是美国不容忍中国央行数字货币引领全球货币数字化。2020年5月28日，数字美元项目（Digital Dollar Project）发布了白皮书介绍了CBDC的潜在应用及数字美元设想。该项目为创建美国央行数字货币提出框架，首次明确了数字美元的推进计划。美国商品期货交易委员会前金融科技办公室负责人丹尼尔·高芬（Daniel Gorfine）称：“现在是认真考虑如何设计数字美元的时候了，否则美国可能在未来世界货币体系中失

去竞争力。”

二是天秤币体系有可能和数字人民币发生激烈竞争。2020年4月，天秤币协会发布 Libra2.0 白皮书，首先强调将天秤币纳入美政府部门的监管，为避免挑战主权货币，其目标不再是“无国界的货币”，而是定位为“全球支付系统”。Libra2.0除了锚定多种法定货币之外，还将锚定某一单一法定货币，比如锚定美元，以 LibraUSA 为担保，“通过法定货币的功能支持全球支付系统”。该白皮书还表示，未来各国的 CBDC 可直接与 Libra 网络集成，无需建立各自的 CBDC 系统，可直接利用 Libra 的服务平台。这有可能使得天秤币体系和数字人民币发生激烈竞争。在全球大环境下，不排除美转变态度接受天秤币计划，继而发行美元数字货币；其次，美国可能凭借美元霸权地位和天秤币的用户基础，迅速成为全球数字货币霸主。

三是我国尚未出台明晰的 CBDC 政策路线图、政策目的和技术框架。由于目前我国尚未出台清晰的 CBDC 政策路线图、政策目的和技术框架，外界对人民币 CBDC 的导向仍然不了解，因此不利于私有企业投入资源参与建设 CBDC 相关的配套设施等。

四是中国央行数字货币发展态势良好。得益于成熟的数字支付基础设施，中国发展央行数字货币（即数字人民币）的条件较好，民众对数字支付的接受度也相对较高，在这一领域中国在全球处于相对领先的地位。2020年8月，商务部宣布将在深圳、成都、苏州、雄安新区等地及未来冬奥会场景试点数字人民币的应用，正式开始数字人民币在现实生活中的试点，相较于欧美具有先发优势。从目前的试点来看，中国央行数字货币的形式为零售货币，大众也可以获取此类货币。与此同时，中国央行数字货币的投放形式与传统货币类似，主要基于商业

银行进行投放。

五是移动支付带动了人民币国际化。近年来，移动支付培育了国内民众接受 CBDC 的土壤，也带动了境外人民币数字结算的发展。结合“一带一路”战略，中国可以利用支付宝、微信等平台扩大数字人民币在非洲、中东、东南亚等地的实际使用规模。这也将有效提升“一带一路”沿线国家对中国金融系统的信任。

本期撰稿组：赵立新、施云燕、裴瑞敏、王寅秋

世界科技经济新动态专班：任福君、赵立新、阮草、刘萱、张丽琴、武虹、施云燕、石磊、杨宝龙、赵勳、王寅秋、马健铨、许艳玲、齐海伶、付震宇、熊嘉慧、宋烁



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员: 张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话: 68788193

创新研究报告

第 27-2 期（总第 455-2 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 4 月 20 日

欧盟委员会发布《欧洲数据和人工智能战略》： 塑造欧洲的数字未来

〔编者按〕2020 年 2 月 19 日，欧盟委员会发布了《欧洲数据战略》（*A European strategy for data*）和《欧洲人工智能白皮书》（*White Paper on Artificial Intelligence: a European approach to excellence and trust*）两份报告，目标是确保欧盟成为数字化和人工智能方面的全球领导者。欧盟计划建立统一的数据市场以实现数据在欧盟内的流动，推进产业、学术、政府之间信息的共享和高效利用。人工智能战略构建了一个卓越、可信赖的人工智能发展框架，其目标是通过公私部门合作调动整个产业链资源，建立正确的激励机制，以加快人工智能部署。

一、欧盟在数字经济领域发力的雄心

未来五年，欧盟委员会将基于欧洲技术、研究和独创的悠久历史，以及对权利与基本价值的有力保护，专注数字化战略，主要立足三个目标：一是积极发展以人为本的技术，二是发展

公平且具有竞争力的数字经济，三是通过数字化塑造开放、民主和可持续的社会。欧盟提出，2025 年，通过数据战略的实施，欧盟数字经济总量有望从 2018 年的 30100 亿欧元（占当年 GDP 的 2.4%）增长到 82900 亿欧元（占当年 GDP 的 5.8%）；数据专业人员将从 2018 年的 570 万人增长为 1090 万人；欧洲具备基础数据技能的人口占总人口百分比从 2018 年的 57% 增长到 65%。网络方面，实现欧盟所有家庭网速至少提升至 100M/s，并保证企业、学校、医院及其他公共机构的网速更快；欧盟居民网络基础知识普及率达到 70%（目前为 57%）；至少培养 50 万名信息技术领域专家；通过信息技术和数字化降低 10% 温室气体排放，并创建零排放的环保型数据中心及信息通信基础设施，大力扶植相关技术企业。

欧盟委员会主席冯德莱恩指出，欧盟正致力于塑造涵盖网络安全、关键基础设施、数字化教育等多个方面的数字化未来。她还表示，希望帮助德国和欧洲初创企业获得同美国硅谷企业一样的成长和融资机会。为此，欧盟要进一步消除在数字化领域的内部市场壁垒，在欧盟层面整合资源，特别是要加强量子计算机和人工智能领域的研发及应用。

二、欧洲作为“可信赖人工智能”的领导者

欧洲拥有成为可安全应用的人工智能系统世界领导者所需的一切。人工智能白皮书设计了“可信赖人工智能”整体框架。欧盟将促进私营和公共部门合作，动员整个价值链资源，制定适当的激励措施，加快包括中小型企业在内的人工智能部署，与成员国和研究部门合作，吸引和留住人才。继续采用消费者保护方面的严格规则，应对不公平的商业行为，保护个人数据和隐私。对于高风险领域，如卫生、警务或运输，人工智能系

统应透明和可追溯，并确保尊重公民的基本权利。面部识别技术只能在有正当理由的特殊情况下使用，需以欧盟或国家法律为依据。只要符合欧盟法规，欧盟市场欢迎所有人工智能应用程序。

作为欧洲数据战略支柱之一，此次公布的欧洲人工智能白皮书对欧盟在这一领域的发展前景作出了规划。欧盟委员会认为，目前欧洲具备成为人工智能领域领导者所需条件，包括货币现金研发中心、安全的数据系统、发达的机器人产业，以及具有竞争力的汽车、能源、医药卫生及农业等多个行业。白皮书指出，欧洲希望为建立一个高度发达并可信的人工智能产业创造更好的政策环境。通过鼓励私营领域和公共投资相互合作，调动价值链各环节的资源 and 各方积极性，以加速发展人工智能。

白皮书特别强调指出，鉴于人工智能系统的复杂性及其潜在的风险，提升人工智能应用的可靠性至关重要。欧盟希望通过制定更加严格的规范，特别要在消费者保护、防止不公平商业竞争、保护个人数据等方面加强立法和管理，最大限度减小人工智能应用风险。

三、欧洲作为数字经济的领导者

欧洲数据战略目标是确保其成为数据社会的榜样和数字经济的领导者。为此将致力建立真正的欧洲数据空间和单一数据市场，确保数据跨部门自由流动。欧盟委员会将首先提议建立数据治理框架，确保对企业之间、企业与政府之间以及政府内部数据的正确监管，鼓励数据共享，建立实用、公平和明确的数据访问及使用规则。其次，欧盟委员会将支持技术系统和下一代基础设施发展，促进“欧洲高影响力项目”投资。最后，

欧盟委员会将启动制造、绿色协议、交通和健康等特定领域的行动，建立欧洲数据空间。

（编译：吴崇、王坚，责任编辑：王达）

文章来源

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_20_273



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 28 期（总第 456 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 4 月 20 日

美国对人工智能相关人才的需求

〔编者按〕2020 年 8 月，美国安全与新兴技术研究中心（Center for Security and Emerging Technology, CSET）发布《美国对人工智能相关人才的需求》（*U.S. Demand for AI-Related Talent*）数据分析简报。报告指出，美国政府和产业界都将人工智能视为未来增长和竞争力的关键技术，并围绕人工智能应用程序需要的技能相关问题进行分析。该报告分析了人工智能相关工作的市场需求，揭示了美国人工智能人才的教育要求、地理分布和部门分布情况，以便对人工智能人才广阔前景有进一步认知。

人工智能（Artificial intelligence, AI）正在带来一场影响人类生活方方面面的巨大革命。2018 年麦肯锡全球研究所的一项报告显示，到 2030 年，AI 预计能够为全球经济产出贡献 13 万亿美元。美国军方也正在加快 AI 开发和实施的速度，2018 年美国国防部拟制了《国防部人工智能战略》（Department

of Defense Artificial Intelligence Strategy)，建立了联合人工智能中心（Joint Artificial Intelligence Center），此后又加入 G7 国际小组参与制定 AI 使用的道德准则。

随着美国开展面向 AI 的社会转型过渡，有研究分析认为，市场会更青睐于高端博士水平的研究人员。为此，美国安全与新兴技术研究中心（CSET）针对美国市场需要何种 AI 人才这一关键问题，使用 Burning Glass 数据集（该数据集包含了超过 45000 个线上工作站点），从岗位发布时所发送的市场信号的角度开展评估，揭示了美国 AI 人才的教育要求、地理分布和部门分布情况。

一、AI 分类系统

CSET 使用 Burning Glass 提供的 AI 分类系统，将 AI 相关岗位分解成“核心 AI”（Core AI）和“相邻 AI”（AI Adjacent）两类，编制了一份完整的 AI 职位发布列表（表 1），其中包含了两类岗位的技能群，对于每个技能群，都有相应的技能列表，表 1 展现了各技能群的技能个数。

“核心 AI”涉及数量有限的技能群，这些技能群对创建 AI 至关重要，比如机器学习和自然语言处理等。“相邻 AI”岗位则包含更为广泛的集成和使用 AI 中所需的技能群，比如统计软件和测试自动化。

表 1 AI 分类系统

AI 分类	技能群		技能数
核心 AI (Core AI)	Artificial Intelligence	人工智能	7
	Data Science	数据科学	10
	Machine Learning	机器学习	28
	Natural Language Processing (NLP)	自然语言处理(NLP)	24

相邻 AI (AI Adjacent)	Automatic Engineering	自动化工程	14
	Data Mining	数据挖掘	8
	Data Science	数据科学	15
	Economics	经济	5
	Industrial Automation	工业自动化	1
	IT Automation	IT 自动化	12
	Mathematical Modeling	数学建模	4
	Mathematical Software	数学软件	5
	Mathematics	数学	1
	Medical Research	医学研究	1
	Research Methodology	研究方法论	1
	Robotics	机器人	9
	Scripting Languages	脚本语言	1
	Signal Processing	信号处理	1
	Signal Software	统计软件	38
	Statistics	统计	10
	System Design and Implementation	系统设计与实现	1
	Test Automation	测试自动化	15

二、分类别的 AI 岗位发布情况

Burning Glass 数据显示，2019 年，在总计 3400 万的在招工作岗位中，AI 相关岗位达到 300 万个（如图 1），自 2010 年以来几乎每年翻三倍。图 1 同时也展示了两类 AI 相关岗位技能占比情况。由于数据科学（Data Science）在“核心 AI”和“相邻 AI”岗位中均被计数，这一类岗位技能的职位发布量在图中被单独表示。

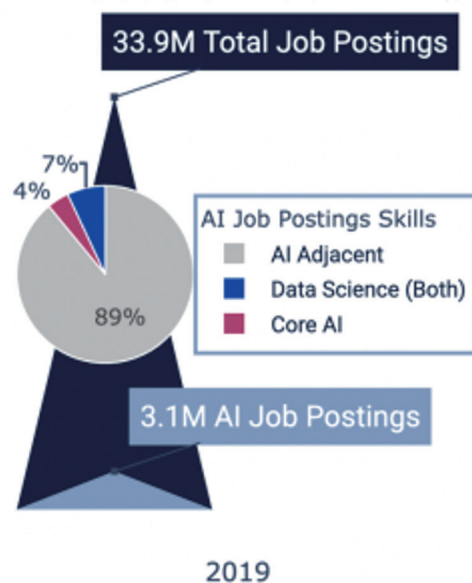


图1 在招岗位总量及 AI 岗位在招量

图2显示，2010年到2019年美国的AI相关岗位发布量的增长态势。据美国劳工统计局报告，从2016年开始，美国所有的在招岗位数量都急剧增长，因而此处显示了AI相关在招岗位数量的原始数据。

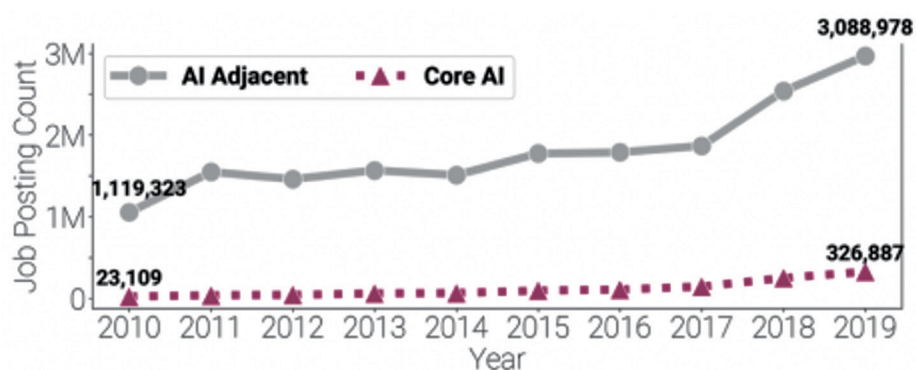


图2 AI相关岗位发布量变动图（2010—2019）

三、不同教育程度的 AI 人才需求

AI 作为新兴技术在迅速变化，过去的十年中，不断增长的美国 AI 就业市场所需的教育水平范围却出奇地稳定。市场对

有学士学位的 AI 人才有明确需求，大约 80% 的工作岗位需要四年制学士学位，这其中超过一半的岗位不设置其他优先学位（图 3）。

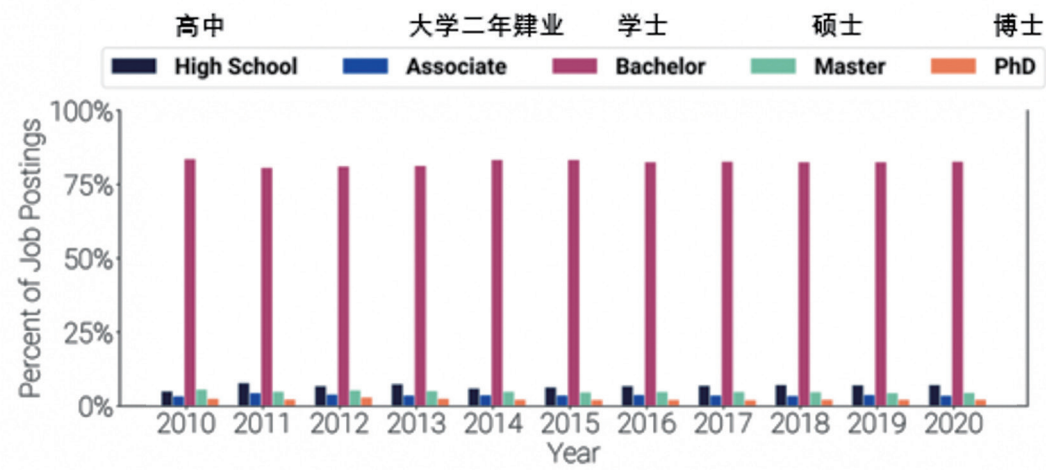


图 3 AI 相关岗位最低学历要求

核心 AI 和相邻 AI 岗位对教育程度的要求非常相似，学士学位均是需求最高的一类。2019 年，有学士学位要求的岗位数量分别占这两类岗位各自总数的 80% 和 83%。

从图 4 中也可以发现二者的一些差异：核心 AI 对硕士和博士学位有较高需求，分别占其 2019 年在招岗位总数的 12% 和 6%（有 28650 个在招岗位要求硕士学位，需要博士学位的有 13573 个），高中和两年制学位分别仅占 2% 和 1%。在军事和经济领域内需要大量集成和 AI 使用技能的工作类型（相邻 AI），高中和两年制学位需求量略有增加，分别占 7% 和 4%，而要求硕士学位和博士学位的岗位则分别仅占 4% 和 2%。

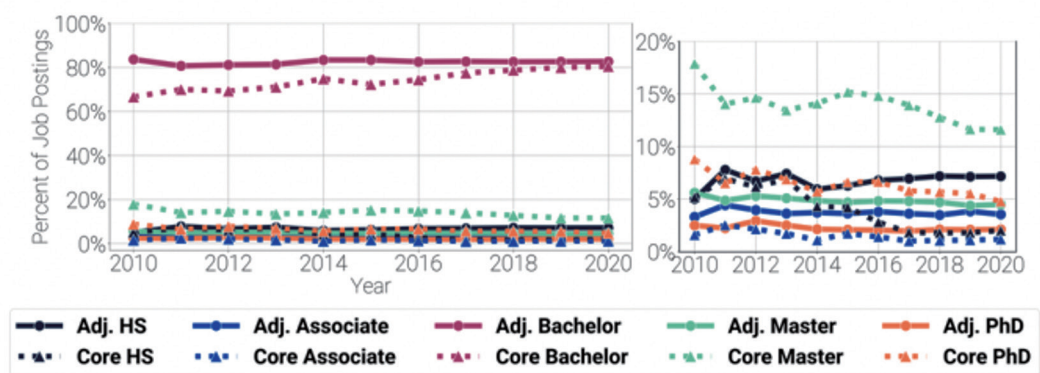


图4 核心 AI 和相邻 AI 岗位最低学位要求变动图

四、AI 人才需求的行业分布

CSET 使用 Burning Glass 提供的北美行业分类系统 (NAICS) 代码对 2010—2019 年 7 个行业类别的 AI 相关工作岗位发布数进行了评估 (图 5)。

图 5 显示,专业、科技服务行业的 AI 人才需求较大,制造业、金融和保险业紧随其后,2019 年发布了超过 25 万个相关工作岗位,此外,行政部门的需求自 2017 年以来有急剧的增长。信息行业是大多数人想到 AI 时最先联想到的部门,其合理性在于像 Facebook 和 Microsoft 等公司经常被归类为信息行业,而在 2019 年信息行业排名第五, AI 相关在招职位总数稍低于 15 万。

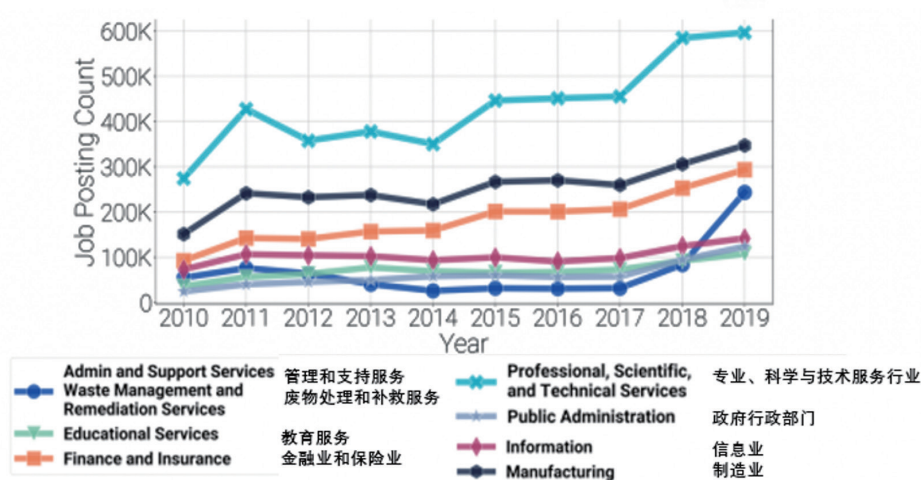


图5 分行业 AI 相关岗位发布量变动图

五、AI 人才需求的地区分布

AI 超越了单纯的研究范畴，对 AI 所需技能的需求也远远超出了硅谷范围，为美国各地都提供了工作机会。当想到 AI 类工作时，诸如加利福尼亚、马萨诸塞州和得克萨斯州等地区的一些核心热点。但是，如果查看与 2019 年某个州工作年龄人口数对应的 AI 职位发布数，会发现 AI 对经济的影响范围更为广泛。

与其他工作年龄人口数相似的州相比，一些州（包括哥伦比亚特区）对 AI 技能的需求异常地高。哥伦比亚特区是最典型的例子，科罗拉多州、华盛顿州和明尼苏达州也都由此突然跃升到了对 AI 技能需求大的州排名 top10。AI 相关岗位可能会对这些州产生巨大的经济影响，这一情况尽管在查看以前的岗位发布总量时并不明显，但是可能会影响有关教育和培训机会的决策。表 2 显示了美国 AI 相关岗位（包含核心 AI 和相邻 AI 职位）发布量前十名的州，并依据各州 18 岁以上人口数进行标准化统计（有 91 个在招岗位没有被各州列出，占 2019 年以来美国 AI 岗位发布数量的 0.003%）。

表 2（a） 2019 年各州 AI 相关岗位发布量

	州代码	州名称	AI 岗位发布数
1	CA	加利福尼亚州	583716
2	TX	得克萨斯州	250811
3	VA	弗吉尼亚州	198487
4	NY	纽约州	188156
5	FL	佛罗里达州	151103
6	IL	伊利诺伊州	114794
7	NC	北卡罗来纳州	114538
8	MA	马萨诸塞州	114452
9	GA	佐治亚州	106176
10	OH	俄亥俄州	99306

表 2（b） 2019 年各州 AI 相关岗位发布量

	州代码	州名称	标准化 AI 岗位 发布数 (每 10 万人)
1	DC	哥伦比亚特区	11246
2	VA	弗吉尼亚州	2974
3	MA	马萨诸塞州	2066
4	MD	马里兰州	2018
5	CO	科罗拉多州	2010
6	CA	加利福尼亚州	1906
7	WA	华盛顿州	1421
8	NC	北卡罗来纳州	1399
9	GA	佐治亚州	1309
10	MN	明尼苏达州	1280

六、结论

总体而言，人工智能对美国经济领域产生了重要影响。2019 年发布的岗位中有 1% 都在寻求有 AI 相关技能的人才，这个趋势超越了研究领域和传统的科技领域，且扩大到制造业、金融和保险业以及政府行政部门。此外，40% 的州（包括哥伦比亚特区）对 AI 人才的需求达到了每 10 万工作年龄人口中超过 1000 的高需求量。

报告指出，如何在就业领域制定政策有更为清晰的认识，从而确保将教育工作和产业、地区更好地结合在一起。对于政策制定者和教育计划者来说，更好地了解 AI 相关岗位的人才输送渠道非常重要。对 AI 相关技能有全方位需求的岗位可能也是未来各地利用 AI 改变当地就业形势并发展新经济领域时的一项衡量指标。

报告指出，对于正在决定是否要从事 AI 相关领域职业的美国学生来说，在许多城市和行业中都存在对 AI 相关人才的明显

市场需求。绝大多数上市公司（约 80%）都在寻求四年制学位的学生，因此必须确保在美国各地都有持续不断的人才输送渠道。如果发现硕士学位和博士学位人才库不足，政策制定者必须仔细考虑正在发送的市场信号，使足够的人认为受教育途径更具吸引力。

美国对 AI 技能人才的需求在不断增长，其在全国范围内的影响也在不断扩大。未来 CSET 的研究工作将会包含对各个工业部门的评估，如制造业和运输业，以及对特定类型的学位和传统证书的价值评估。

（编译：张弛、孟凡蓉，责任编辑：王达）

文章来源

<https://cset.georgetown.edu/research/u-s-demand-for-ai-related-talent/>

安全与新兴技术研究中心（Center for Security and Emerging Technology, CSET）是美国乔治城大学沃什外交学院（Georgetown University's Walsh School of Foreign Service）的一个政策研究组织，关注人工智能和高级计算的进步所带来的影响，寻求培养新一代决策者来应对新兴技术的挑战和机遇。该中心研究员包括在国家安全委员会、情报界以及国土安全部、国防部和国务院具有指导情报和研究工作经验的著名专家。CSET 的数据科学团队通过对大量不同来源的国外和技术数据材料的收集、处理和分析，以多种形式进行证据驱动

的分析，从信息图表到专家证词，再到公开发表的报告。调查的关键领域是人工智能的基础——如人才、数据和计算能力——以及如何将其用于国家安全，以及可以使用什么政策工具来塑造其发展，关注其在安全与技术交叉领域进行基于数据的研究，为政策团体提供客观中立的决策依据。



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 29 期（总第 457 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 4 月 20 日

欧盟科技政策新航标——“地平线”计划

〔编者按〕 为了将欧盟确立为领先的知识型经济体，生产世界一流的科学理论，推动技术创新以提升欧洲的全球竞争力，欧洲议会和欧盟理事会于 2020 年 12 月 11 日正式批准了“地平线”计划，并在欧盟官网发布计划详情。“地平线”计划作为欧洲有史以来最大规模支持研发和创新的跨国计划，确定了欧洲在 2021—2027 年间科技研发与创新的基本政策与框架。本文对其主要内容进行摘编。

一、地平线计划的由来与基本原则

欧盟的科技政策本质上是成员国基于共同需求既合作又竞争的产物。欧洲科技政策的根本目的是维护欧洲在国际竞争中的优势地位，提高欧洲工业在全球的竞争力，推动欧洲经济社会的全面发展。

1. 地平线计划的由来

20 世纪 70 年代欧盟在科技政策方面达成了高度共识，《单

一欧洲文件》将欧盟科技政策目标确立为“加强欧洲工业的科学技术基础，并促使欧洲工业更具有国际水平的竞争力”。无论是2008年的“欧洲复兴计划”还是后来的“欧洲2020战略”都是欧盟这一目标的延伸与发展，核心是提高欧洲工业的竞争力，提高欧盟在应对全球挑战、科技研发等方面的国际领导力和影响力。

特朗普执政以来，贸易保护主义抬头，全球不正当竞争逐渐加剧，不断变化的国际政治经济格局对欧洲社会和经济产生了深远影响。伴随着全球经济的不确定性，不断涌现的新力量和竞争者加剧了贸易紧张局势，并对现有的国际贸易规则构成严重冲击，这些趋势给欧洲工业带来了新的挑战，也促使欧洲产业进行技术升级以维持国际竞争力。面对日益激烈的国际竞争，欧盟并未采取自我封闭的贸易保护主义政策，而是坚持开放和自由的贸易政策，保持与世界各地的自由贸易关系，并且在开放的国际竞争中积极进取，不断创新。为了维持欧洲工业产品、服务的高附加值和全球竞争优势，欧盟采取了一系列推动创新和科技研发的政策来维持欧盟在新能源、环保和其他高科技领域的全球领导者地位，包括积极鼓励私人投资进行研发和创新，制定和推行了一系列高质量的科技和环保标准，推动欧洲产业的绿色和数字化升级，以增强欧洲在科技创新和产业竞争方面的战略自主权和竞争力。

为了维护欧洲在国际竞争中的优势地位，塑造一个绿色、更加数字化的欧洲，更好地利用科技和数字化应对新冠疫情，欧盟议会和欧盟理事会正式批准了“欧洲地平线”（Horizon Europe）计划（以下简称“地平线”计划）。该计划旨在将欧盟确立为领先的知识型经济体，生产一流的科学和创新技术以

确保欧洲的全球竞争力。“地平线”计划（Horizon Europe）是Horizon 2020[当前的欧盟研发与创新计划（2014—2020年）]计划的继承与发展，确立了2021—2027年欧盟研发和创新的基本框架和方向。

“地平线”计划作为欧盟有史以来最大的支持研发和创新的跨国计划，是维护欧盟在应对全球挑战方面的领导地位及保持欧洲工业核心竞争力的支柱计划，该计划涵盖了欧盟成员国参与科技研发与知识经济合作的各个方面。该计划的主要目标是通过技术研发和创新帮助欧盟成员国应对气候变化（35%预算目标），帮助实现欧洲产业的绿色升级和促进欧盟各国产业竞争力的提升和经济增长。同时，该计划还将利用科技研发拉动欧洲高新技术产业和工业的发展，使欧洲成为现代科技研发与创新的中心。“地平线”计划分为五大任务区，分别是促进欧洲经济社会的转型并更好地应对气候变化、更好地治疗癌症、建立气候友好的智慧城市、打造健康的海洋和内陆水域、实现土壤和食物的健康。欧盟委员会计划通过这一规模宏大的研究和创新计划，增强欧洲的科学技术基础，设计更绿色和环保的生活解决方案，并推动经济的数字化转型和更好地应对气候变化，推动欧洲社会的可持续发展。

2. 地平线计划的原则

“卓越”作为“地平线”计划的核心原则，目标是保持科学技术卓越发展、提升工业企业竞争力和帮助欧盟成员国应对经济社会的挑战。“地平线”计划通过欧洲研究理事会（ERC）推动科学卓越发展，使欧洲最优秀的研究人员能够聚集起来并获得充分的资源将创意转化为研究成果。通过支持最前沿的科学研究来推动科技的进步，“地平线”计划将为欧盟成员国

应对全球化、经济和社会方面的挑战提供技术支持和全新的解决方案，从而推动欧盟经济社会实现绿色、健康和可持续发展。

二、“地平线”计划的发展目标与基础框架

“地平线”计划全称为“下一轮研发和创新投资计划2021—2027”，愿景是塑造欧洲更加美好的未来：一个基于欧洲价值观的可持续、公平、繁荣的欧洲。“地平线”计划涵盖了四个发展目标：

1. 专注于生态保护、社会和经济转型方面的研发和创新，推动欧洲社会的绿色可持续发展。

2. 充分利用欧洲在基础科学和产业技术方面的优势推动突破性、颠覆性的科技突破与创新，增强欧洲在科技研发方面的优势和全球领导作用。

3. 通过制定在对抗癌症、解决有害气体排放、海洋治理方面的科技发展规划，推动欧洲社会的经济转型和提高欧洲产业的国际竞争力。

4. 专注于最前沿科学研究的同时注重应用技术的发展与创新，强调科技研发与经济发展相适应，为欧洲知识经济和知识社会的建立提供基础知识和应用技术，发挥科学研究与技术创新的协同效应。

为了实现上述目标，欧盟委员会计划投入 1000 亿欧元的预算以保证“地平线”计划一系列野心勃勃的研发和创新计划的实施。欧盟委员会希望通过该计划增强欧洲的科学和技术基础，提高欧盟成员国在科技研发方面的综合实力、提高欧洲创新能力和竞争力，并促进就业、提高全民的科学文化素质。

“地平线”计划的基础框架包含三个模板：

模块一：卓越科学计划

该计划由欧洲研发委员会投资、居里夫人（Marie Skłodowska-Curie）行动、研发基础设施的建设三个内容构成。欧洲研发委员会计划投入 116 亿欧元用于支持最顶尖团队致力于最前沿科学的研究；居里夫人（Marie Skłodowska-Curie）行动计划投入 69 亿欧元用于科研人才的培养和流动科研计划，使欧盟研发人员和团队获得最新的知识和技能；卓越科学计划还将投资 24 亿欧元用于建设世界一流的科研设施，提高欧洲科研设施的技术水平。

知识无国界，“地平线”计划将通过广泛的措施来鼓励参与程度较低的国家参与到欧洲统一框架下的研发创新活动中来，通过帮助这些国家建立卓越的科技研发中心，改善其科研能力，从而鼓励成员国的参与，缩小地区之间科研与投资（R & I）能力的差距并加强欧洲研究区（ERA）的整体研发和创新能力。在资金上，将有 33 亿欧元的资金计划用于该领域，这与“地平线 2020”计划相比有明显增加。

研究和创新为欧洲应对与解决社会、生态和经济所面临的共同挑战和难题提供了新的知识与解决方案。“地平线”计划通过帮助研究人员和顶级创新者，将他们的想法转化为科技创新，从而推动社会的进步和知识的创新。该计划还通过组建最优秀的人才团队并配备世界一流的基础设施来支持欧洲进行最前沿的科学实验。此外，支持与鼓励全社会创新有利于欧洲社会培育出全新的服务和市场，推动经济的发展和促进就业。

模块二：应对全球挑战和提高欧洲工业全球竞争力的研发创新

该模块计划总投资 527 亿欧元，主要用于推动关键性技术

的研发，为欧洲社会的可持续发展提供科技支持和技术解决方案，被支持的关键性领域包括：数字化产业、社会公共安全和公民安全、医疗保健、食品健康、生态经济、生态农业和环境保护、创建具有创造力和文化包容性的社会。除此之外，重点投入新型工业和航空航天领域。该模块将支持与社会挑战、社会热点问题有关的合作研究，并通过支持技术研发方面的合作推动成员国之间加强合作，以共同应对全球性挑战，并培育跨国产业集群从而增强技术和工业能力。例如：“地平线”计划将推动欧洲各国在气候能源和交通方面的合作，培育跨国的数字产业和航天产业集群，并加大在气候相关领域的科研与投资（R&I）经费投入力度，并加强科研和商业领域的信息和数据共享，确保欧洲企业可以访问他们所需的技术和数据。通过加强交流与合作鼓励公共和私营部门广泛参与到科研和创新中，推动能源、运输、生物多样性、健康、粮食和物流等关键领域的技术交流和产业合作。“地平线”计划将加大对基础科学尤其是量子科学领域研究的支持力度，从而提升欧洲在量子科学领域的科学领导地位和研发能力。该计划将建立文化遗产、人文和艺术为主题的创业园区支持文化和创意领域的创业和商业，从而推动对文化遗产、非物质文化遗产的研究和创新，增强文化创造力和社会文化包容度，培育文创产业集群。该计划还将加大对卫生领域科技研发的支持力度，加大对病毒学、疫苗、流行疾病的研究支持力度，推动研发成果向临床和卫生防疫实践领域的转化，推动公共卫生事业的发展，帮助各成员国更好应对新冠病毒的流行与蔓延。

该模块还确立了一系列雄心勃勃的、可实现的目标，计划在 2030 年实现以下目标：治愈 300 万例癌症疾病、建立 100 个

气候友好城市、打造健康的海洋和内陆水域、确保土壤和食物的健康、更好地应对气候变化。

模块三：创新欧洲

在欧洲创新理事会（EIC）的框架下，欧洲将建立以市场化为导向的科研创新环境，充分发挥私人投资的杠杆效应，培育开放和共享的创新生态系统。首先，创新欧洲将继续利用市场投资的杠杆效应来促进研发和创新，通过建立既合作又竞争的市场导向机制和创新网络、开放的数据共享环境来促进知识扩散和开发利用。通过挖掘市场潜力来支持创新。通过建立创新生态系统，欧洲创新理事会（EIC）可以推动各个国家和地区创新团队的合作与联合，并且该计划将培育一系列有利于创新的要素，将科研、教育、商业元素整合起来，围绕创新的目标，推动科技创新。为了实现创新欧洲的目标，欧盟委员会计划投入 21 亿欧元用于欧盟研究区（ERA）的建设，以优化欧盟的创新生态系统。欧洲创新理事会（EIC）和欧盟代表团获得超过 100 亿欧元的预算，以支持中小企业（SME）、初创企业和中型企业的发展和科技研发。欧洲创新理事会（EIC）通过与各个区域和国家的创新参与者保持联系与合作来推动欧洲创新生态系统的建设，在良好的创新生态下，中小企业的任务是解决影响我们日常生活的问题，从抗癌到适应气候变化、绿色城市建设，确保食物、自然环境、气候和土壤的健康以及保护我们的水和海洋等方面，中小企业将发挥更加积极的作用。

“地平线”计划将加强欧洲在基础科学方面的研究，除了斥资 258 亿欧元的卓越科学计划，欧盟还专门安排 24 亿欧元的资金预算用于支持欧洲原子能机构进行原子能物理方面的研究。通过卓越科学计划，不仅可以发展最前沿的基础科学，为欧洲

知识经济和知识社会的建设拓展知识基础,还可以与应用研究、技术发展和创新形成协同效应,强化欧盟区域内的研发体系,促进先进和卓越科学观念的传播和扩散,提高欧盟区域整体科技研发的实力。

三、“地平线”计划——开放的研发和创新体系

开放是“地平线”计划的又一特征,目标是建立开放和有高度活力的创新生态系统。开放科学是欧盟科研和创新的政策重点,也是欧盟科技创新过程中所推行的标准工作方法,因为它可以提高研究的质量、效率和响应能力。当研究人员在研究过程中尽早与所有相关参与者共享知识和数据时,将有助于传播最新知识。因此,“地平线”计划欢迎和鼓励来自学术界、工业界、公共机构和公民团体的合作伙伴积极参与到计划框架下的研发项目,提高公众对欧盟统一研发目标的认可与参与度。

“地平线”计划的开放性体现在三个方面:开放式创新、开放式科学和对世界开放。

1. 开放式创新

“地平线”计划围绕着“卓越”和“创新欧洲”的主题,建立了一整套激励和支持各国家和各学科研究团队参与到创新过程中的研发创新框架和政策。通过让更多的人参与到研发和创新的过程中来推动知识的自由流通,并通过向学术和科学领域以外的公众公开和分享创新过程,促进知识的传播与市场应用的转化。此外,公众参与有助于充分利用知识创新的成果转化为新的市场计划、产品和服务,增加整个科研过程的附加价值和社会效益。

2. 开放式科学

欧盟研发和创新的框架和价值一直强调开放。开放是一种

科学过程与方法,强调数据共享与协作推动知识和技术的传播。

“地平线”计划将建立欧洲开放科学云,这将使跨学科和跨国家的研究人员能够存储、管理和共享数据。欧盟创新委员会还要求受“地平线”计划支持的研究和创新成果以公开方式出版,并要求研发数据尽可能公开,从而让相关成果能够更好地传播和被社会利用,进而为社会服务。

3. 向世界开放

为了更好地应对全球挑战和利用世界各国在科技研发方面的最先进成果,“地平线”计划强调国际合作,积极将欧洲的科研和创新推向国际化的舞台。通过吸引全球最顶尖人才,拓展与其他国家和地区科研机构的合作,欧洲创新理事会(EIC)希望能够加强欧洲研发团队的专业水平和综合实力,塑造欧洲在全球科技研发和知识创新领域的领导地位。欧盟委员会认为开放性的创新环境有利于欧洲获取全球范围内最新的知识,招募最优秀的人才,从而引领全球科技创新,使欧洲在应对全球挑战方面获得更多话语权并在新兴市场中创造商机。

总之,“地平线”计划的主要目标对于提高欧盟在产业、学术和科技研发方面的竞争优势,强化欧洲在国际竞争中的有利地位具有重要意义。该框架确立了欧洲统一和开放的研发和创新总目标和架构,强调欧盟各成员国之间和国际间的合作与交流,鼓励私人投资与公众参与来增加成员国的科研投资总量,以实现欧洲在科研和创新方面的整体战略目标。该计划在诸多方面值得我们学习和借鉴。

(编译:吴崇、王坚,责任编辑:黄诗愉)

文章来源

https://ec.europa.eu/info/horizon-europe_en



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 30 期（总第 458 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 4 月 20 日

英国如何应对新冠疫情期间的“数字鸿沟”

〔编者按〕 新型冠状病毒肺炎（COVID-19，简称新冠）疫情期间，缺乏网络条件和技术的人们由于难以获得相关服务，在日常通讯、医疗服务以及社区福利获取等方面受到了很大的影响。此外，条件受限的少儿也无法通过网络接受远程教育。对此，英国政府采取了一系列措施来解决“数字鸿沟”带来的问题，帮助人们更好地利用网络应对疫情。2020 年 12 月 17 日英国议会（UK Parliament）网站就此发表题为《新冠病毒与数字鸿沟》的文章，本文对其主要内容进行摘编。

新冠疫情期间，互联网和数字设备在人们获取社区与医疗服务以及日常通讯等方面发挥了重要作用，因此社会各界对数字鸿沟问题也愈加关注。数字鸿沟（digital divide）是指一个社会中人们对数字技术（如互联网和计算机）的使用能力存在差距。人们会由于诸多原因而被排除在信息和数字世界之外，其中包括缺乏访问互联网所需的基础设备或技能，或缺乏使用这些技术的动

力。英国政府通过调研发现，造成数字鸿沟的主要因素包括年龄、地区、社会地位、经济水平以及是否残疾等。“数字排斥”（digital exclusion）问题使得人们更难在疫情条件下获得信息支持服务、医疗预约和福利活动。同时，缺乏互联网安全相关技能的人群受到网络危害的风险会更高，例如误导信息、网络欺诈和计算机病毒等。受数字排斥的人往往因为无法使用网络与他人进行必要的联系与沟通而不得不选择出行，这将会对公众健康造成潜在危害。社会各界在疫情期间对数字鸿沟的担忧尤其严重，因为公众是否拥有互联网关系到人们能否顺利获取公共服务和健康信息，甚至进行网络购物以及与家人和朋友的基本通讯。疫情期间的服务、活动和信息多在线上进行，线下活动受到诸多限制。在实施隔离的城市里，成年人需要熟练的数字技能才能在家工作，而对于少儿来说，远程教育则要求具备必要的网络条件和相关设备。

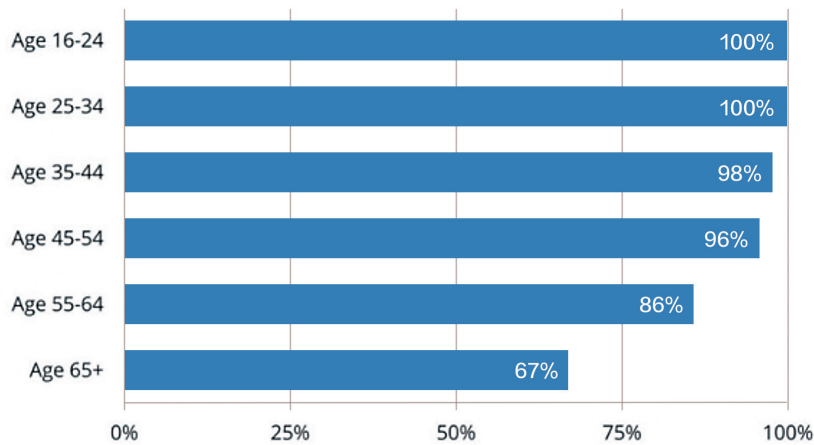
一、英国“数字鸿沟”的现状

英国国家统计局（ONS）从2020年开始的调查数据发现，过去3个月中，全国有95%的成年人在使用互联网，而其他调查数据表明，那些不使用互联网的成年人，主要基于如下几种原因：他们对上网不感兴趣、没有需求、担心个人隐私受到侵害以及其他网络安全问题，或者没有使用互联网的能力、担心上网成本等。劳埃德银行（Lloyds Bank）在对约4000名银行客户进行的年度调查中发现，尽管英国缺乏数字技能的人数正在下降，但有16%的受访者无法完成全部七项基本数字任务（例如将设备连接到Wi-Fi网络并打开网络浏览器以查找和访问网站），有9%的受访者甚至连其中的任何一项任务都无法完成。

调查还发现，某些人群被数字技术排斥的几率更高。影响英国数字鸿沟的主要因素包括年龄、地区、社会和经济状况以及是

否残疾。英国国家统计局（ONS）2020 的调查发现，个人定期使用互联网的几率随着年龄的增长而降低。在 16 ~ 34 岁年龄段的受访者中，100% 表示每天或几乎每天都会上网，而在 65 岁以上年龄段的受访者中，每天上网的人数仅占 67%。调查还发现，全国有 76% 的成年人使用网上银行服务，但这一比例在 65 岁以上的成年人人群中降到 49%。同时调查还发现残疾人不太会使用互联网，因为残疾人受访者中表示自己每天都上网的成年人占受访残疾人总数的 84%，而没有残障的每天使用互联网的成年人则占到 91%。

非互联网用户和缺乏数字技能的人更有可能属于较低的社会经济群体。根据劳埃德银行（Lloyds Bank）2020 年英国消费者数字索引的调查，家庭年收入在 50,000 英镑或以上的人，比收入在 17,499 英镑以下的人，可执行基本数字任务的几率高 40%。调查还发现，威尔士、英格兰中东部和东北地区拥有全部数字技能的人比例最低，而非互联网用户的比例也最高。



不同年龄段互联网使用频率（每日使用次数）

数据来源：英国国家统计局

二、新冠疫情期间“数字鸿沟”的影响

1. 对成年人的影响

疫情期间的数字排斥在诸多方面对成年人产生了影响，例

如：他们可能无法随时获得健康建议、医疗预约或住房和社会护理支持服务。疫情会对求职者们产生不利影响，因为那些数字技能较低或不能上网的人们无法使用网络检索申请工作，也无法获得在线就业支持服务。利用互联网进行交流和社交活动对于心理健康非常重要，网络不仅可用于与朋友和家人通讯，还可以提供许多社会福利活动。还有人担心由于银行和零售商越来越多地鼓励他们的客户使用在线服务，那些欠缺上网能力或其他数字技能的人将很难获得在线服务去管理他们的财务。此外，数字排斥在老年人和残疾人中最为普遍，他们在一些其他方面也会受到这种流行病的负面影响，例如他们对病毒而言更加脆弱。

作为英国 2020 年消费者数字指数（Consumer Digital Index 2020）的一部分，劳埃德银行（Lloyds Bank）调查了 2137 人在疫情期间对使用数字网络的态度。78% 的受访者表示，新冠疫情加剧了人们对数字技能的需求；80% 的人认可数字技术为他们的生活提供了至关重要的支持；37% 的人表示，他们在封闭期间使用了比平时更多的技术来维持健康和幸福；有 31% 的人已经学习了与工作相关的新数字技能。然而有 7% 的受访者因为得不到帮助，故而不能如其所愿使用互联网；还有 55% 的受访者表示他们在日常生活中需要的关键服务无法通过数字技术来实现。

对于那些可以上网但缺乏必要网络安全技能或知识的成年人来说，疫情也许会使他们遭受较高网络侵害的风险，譬如虚假和错误信息、网络诈骗和计算机病毒。2020 年消费者数字指数（Consumer Digital Index 2020）发现，37% 的英国劳动力缺乏安全合法使用互联网所需的基本技能；有 36% 的受访者认

为自封闭开始以后，了解如何保持线上安全对他们而言并不重要。英杰华保险公司（AVIVA）的一项调查发现，五分之一的受访者怀疑他们收到了与新冠病毒有关的诈骗邮件。为了防范网络诈骗，英国银行业组织“英国金融”（UK Finance）发布了一份提醒人们高度警惕诈骗的“新冠病毒骗局清单”，其中包括：含有窃取受害者个人或财务信息链接的虚假政府邮件，以及声称收件人与病毒感染者有过接触的网络钓鱼邮件。

2. 对少儿的影响

由于学校停课和疫情的原因，英国大部分少儿教育都被迫中断，这使得家庭和远程学习成为学生们所必要的受教育途径。获得学校提供的远程教学以及其他组织提供的资源都需要互联网及相关设备支持。英国通信管理局（OFCOM）在2020年1月至3月期间进行的一项调查发现，9%的有孩子的家庭无法在家使用笔记本、台式机或平板等各类电脑设备。

由于学校关闭，少儿教育的受影响程度可能会因远程教育的学校和家庭所能提供资源的差别而异。人们一直担心，条件较差的孩子们的教育会因为缺少家庭学习所需的设备和网络条件而被迫中断。教育基金会（Education Endowment Fund）2020年6月的一份报告称，停课可能扩大了贫困儿童与同龄人之间的学业差距。

据英国下议院图书馆简报（the Commons Library Briefing Paper）引用的一项2020年4月进行的调查称，受调查的4559名少儿中有五分之一吃免费校餐，他（她）们在家没有可供学习使用的电脑。而萨顿信托基金会（Sutton Trust）2020年4月进行的另一项调查则发现，最贫困学校的教师中认为有相当一部分学生无法充分利用电子设备进行家庭学习的比例高达

15%，相比而言在最富裕学校中却仅有 2%；同时贫困学校中有 12% 的教师还认为超过三分之一的学生不能上网。调查还发现，条件较差的孩子们无法参加不论直播还是录播的线上课程的学习。不同的学校在疫情封闭期间准备提供线上教育的充分度方面也存在差异，有证据表明贫困学校确实没有做好准备。例如，萨顿信托基金会（Sutton Trust）的调查发现，最富裕地区有 60% 的私立学校和 37% 的公立学校已经建立了线上平台来接收学生的作业，而最贫困学校只有 23% 建立了类似平台。

从 2020 年 10 月开始，英国教育部要求公立学校在学生自我隔离或学校封闭的情况下，提供远程教学所需的相关资源。该项义务在英国《2020 年新冠疫情紧急法案》（The Coronavirus Act 2020）的“持续教育暂行指南”（Provision of Remote Education Temporary Continuity Direction）中有明文表述，并已于 10 月 22 日起实施。政府规定，学校必须为线上学习条件较差的学生提供诸如教科书和练习本之类的纸质印刷材料。

自 2020 年 4 月以来，英国广播公司（BBC）通过网站和电视提供了许多教育内容供学生选择，其中电视上的内容可以通过一个红色按钮很轻松地访问，并不需要接入网络，但是需要电视机和许可证。英国政府已经提供了 484 万英镑的资金用于支持橡树国家学院（Oak National Academy），这是一个为应对疫情而由英国教师创建的线上教室和资源中心，该中心的一些资源是可以下载的，当网络连接不良或设备无法使用时可以将其打印出来。

3. 新冠疫情应用程序

2020 年 9 月，英国国家医疗服务体系（NHS）负责数字创

新的部门（NHSX）在英格兰和威尔士推出了一款具有追踪功能的手机应用程序（APP），同时，类似的应用程序也在苏格兰和北爱尔兰发布。接触者可以追踪识别所有与感染者接触过的人，警告他们可能有患病风险，手机应用程序可以自动执行此过程。英国现有的应用程序正在测试用途更广的跟踪和隔离程序，用以防止新冠病毒的传播。

人们担心，那些被数字排斥的人可能会因没有智能手机或者相关的操作技能而无法使用该应用程序。如果这款跟踪应用程序能够普及，或者只有安装了该软件才能享受到某些社会服务，那么不会使用该应用程序的人们就可能遭到更严重的社会排斥。例如：雇主可能会要求员工们在安装应用程序以后才可以进入工作场所，而老年人等更易于感染新冠病毒之类严重传染性疾病的群体则更容易因数字鸿沟而被社会排斥，所以人们会担心那些无法有效使用应用程序的人群，会对公众健康构成潜在的威胁。2020年英国通信管理局（OFCOM）一项针对3600多人的调查发现，老年人和低收入人群大多数不会拥有智能手机（而这是使用跟踪应用程序的必备条件）。例如：35～54岁年龄段的受访者中只有5%的人没有智能手机，而这个比例在55岁以上年龄段的受访者中达到了30%。老年人慈善机构银发之声（Silver Voices）于2020年10月对五、六十岁以上的人群进行了调查，发现有31%的人下载了应用程序，而在没有下载程序的人中有近6/7的人说他们的手机太老旧了，不支持该应用的安装。

在开始向全民推广跟踪应用程序之前，有学者建议像澳大利亚一样通过立法对该软件进行管理，还应该制定一些保护措施，以防由于是否安装了这款应用程序而产生歧视。人权联合

委员会也强调了采取相关措施的重要性，确保那些无法安装应用程序的人在接受服务时不会受到歧视。

为了解决相关设备的问题，艾达·洛夫莱斯研究所（Ada Lovelace Institute）建议为那些没有智能手机的人发放具备与该应用程序相同功能的设备。新加坡政府已经采取了这种方法，他们为没有智能手机的人发放了可穿戴蓝牙追踪令牌，作为他们“合力追踪”（TraceTogether）应用程序的一部分，而这个政策最初在老年人比例较高的地区进行推广。

英国政府没有计划为非智能手机用户发放可穿戴蓝牙设备，当局表示，无法使用该软件的人也会从使用应用程序用户中受益，因为应用程序的用户会打破病毒的传播链，同时该应用程序只是更广泛的测试和跟踪程序的一部分，对于无法使用它的用户，可通过英国国家医疗服务体系（NHS）119 电话和基于电话的手动跟踪系统获得建议。

三、应对疫情期间“数字鸿沟”的措施

为了应对数字鸿沟，英国政府建立了一个新的名为“技能工具包计划”的免费在线学习平台，用于提高民众的网络数字技能。此外，政府还宣布为数字技能“新手训练营”提供 800 万英镑的资金。

1. 提升网络服务

无法有效使用互联网通常是由于缺乏宽带或移动数据服务之故。尽管英国有 98% 的家庭可以使用“体面”而固定的宽带网络（下载速度 10M bit/s，上传速度 1M bit/s），但是也有人担心，除那些本来就无网可上的人之外，疫情对经济的影响可能会导致更多家庭因负担不起互联网接入的费用而影响他们正常使用网络。疫情期间，随着工作场所、学校和公共场所（例

如图书馆和咖啡馆等)的关闭,越来越多的人只能在家里上网。

2020年3月,在与政府商讨之后,英国主要的互联网服务商和移动数据供应商同意,暂时取消固定宽带服务的数据配额上限,并为客户增加免费的额外服务;移动网络运营商也免除了因访问国家医疗服务体系网站以及相关应用程序英国国家医疗服务体系新冠疫情程序(NHS COVID-19 app)而产生的数据费用。此外,数字包容性慈善机构“好物基金”(Good Things Foundation)建议创建一个“数据贫困实验室”(Data Poverty Lab),将互联网视为跟电力一样的基本公共事业。该实验室还提出了一些倡议,其中包括数据捐赠(类似于澳大利亚的一项方案:人们可以将自己未使用的过量移动数据捐赠给那些无力支付的人)、邻里之间的Wi-Fi共享、有补贴的宽带计划以及公共Wi-Fi的扩展。

2. 发放上网设备

“现在捐赠设备”(DevicesDotNow)是“好物基金”针对英国的一项倡议,建议英国公司捐赠一些IT设备,例如笔记本或平板电脑、移动SIM卡或电子狗等,然后通过“好物基金”支持的在线中心网络将其分发给社区在线服务中心。据“好物基金”报道,DevicesDotNow在2020年6月已向疫情期间封闭在家的成年人发放了大约2000个设备包。

(1) 英格兰地区的相关措施

教育部在2020年夏季为无法从学校等地方获得线上教育服务的贫困生提供了笔记本、平板电脑和4G路由器。有资格获得这项支持的年轻人包括:贫困的10年级学生、离校生和年龄低于19岁的具有社会兼职工作的学生。政府在2020年夏天交付了约220,000台电脑(包括笔记本和平板)和约51,000台4G路由器。

政府已承诺在 2020—2021 学年发放更多的设备，用于帮助孩子们接受远程教育。这些设备适用于因疫情而中断的线下教育或需要隔离的学生，也可供在医院、学校的学生使用。根据教育部的最新数据，在 2020 年 9 月 1 日至 10 月 22 日期间政府共发放了 105,508 台电脑设备。

作为 2019 年教育技术战略的一部分，教育部启动了一项名为示范院校（demonstrator schools and colleges）的计划，对国内院校有效地使用网络资源提供技术支持。疫情期间教育部调整了该计划的目标，将工作的重心放在帮助院校获得远程教育的教学和服务上。

（2）苏格兰、威尔士和北爱尔兰的相关措施

疫情期间，政府一直积极地推行“成就苏格兰基金”（The Attainment Scotland Funding）的灵活使用，该基金为缩小贫富学生之间的学业差距而设立，可用于支持贫困学生的远程学习，例如为他们提供学习的设备等。另外，苏格兰政府还与地方政府、医疗卫生机构、慈善团体以及 IT 部门展开合作，制定了一项应对疫情的“连接苏格兰计划”（Connecting Scotland programme），其目标是到 2021 年底使 50,000 个受到数字排斥的家庭能接入互联网，并为无法上网的贫困群体提供互联网连接、上网设备、培训和服务。该计划的最新进展是向受到数字排斥的低收入家庭和医护人员提供笔记本和平板电脑。苏格兰政府还实施了一项单独的计划，投入了 900 万英镑的资金，为贫困儿童提供了 25,000 台笔记本电脑，以支持他（她）们在疫情期间的远程学习。

威尔士政府承诺出资 300 万英镑，用于向受到数字排斥的学龄儿童提供互联网及相关设备。政府还向养老院和医院发放

了 1000 台设备，以帮助老人们获得数字医疗服务，并可与亲人们保持联系。

2020 年 4 月，北爱尔兰教育部发布了向需要远程学习的贫困儿童借用网络设备的计划。6 月首批 3000 台笔记本电脑发放，8 月发放了更多数量的笔记本电脑。

3. 提升数字技能

许多组织一直通过提供网络课程帮助人们提升数字技能。“好物基金”为人们提供了许多线上资源，可以帮助人们掌握基本的数字技能，其中包括称作“以我方式学”（Learn My Way）和“让它被点击”（Make it Click）的在线课程。疫情期间，该基金会推出了一种新的资源（用互联网备战新冠病毒），其中包括在线查找健康信息和视频通话等。

疫情初期，英国政府推出了“技能工具包”（The Skills Toolkit）——一个新的免费在线学习平台，旨在帮助民众提升在线工作技能，为休假的员工提供继续提升工作技能的机会。2020 年 9 月，政府宣布为数字技能“新手训练营”投入 800 万英镑的资金，以扩大在西米德兰兹郡和大曼彻斯特进行的试验。该计划还致力于扩大“技能工具包”中所提供课程在全国的覆盖范围。

4. 防范网络危害

在学校关闭期间，由于缺乏良好的网络安全意识和技能，人们担心孩子们在家里长时间上网时，会接受到不宜内容和网络霸凌等网络侵害。对此英国政府发布了一份资源清单，使得家长及监护人放心孩子们上网的安全，同时也为学生和教师在远程教育时提供安全建议与支持。2020 年 9 月，英国政府发布了“少儿教育安全”法定指南（‘Keeping Children Safe in

Education’ statutory guidance) 的修订版, 其中包含少儿进行安全的远程教育所需附加信息及支持。另外, 政府也针对个人和企业在疫情期间如何免遭网络诈骗的问题, 发布了一系列的指导建议。

2020 年 3 月, 英国政府成立了一个反虚假信息小组, 专门负责识别和处理疫情期间的网络不实与误导信息。11 月, 政府声称已与社交媒体商定施行一揽子网络监管措施, 以限制和杜绝有关新冠病毒不实信息的传播。这些措施包含一条原则和一项承诺, 原则是任何媒体都不得从新冠疫苗相关的虚假信息中获利, 而承诺是要对标记过的虚假内容作出快速反应。通信管理局 (OFCOM) 对一些线上资源进行集中整治, 重点是揭穿网上对新冠病毒的谣言, 帮助人们了解和掌握最可靠的信息。

(编译: 王坚、吴崇, 责任编辑: 黄诗愉)

文章来源

<https://post.parliament.uk/covid-19-and-the-digital-divide/>



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员: 张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话: 68788193

创新研究报告

世界科技经济新动态（第22辑）

第31-1期（总第459-1期）

中国科协创新战略研究院

2021年4月27日

日本科技政策发展动向及应对建议

〔编者按〕近来，美国加大了遏制中国的力度，并胁迫日本与美在科技创新方面同步遏制中国。从短期看，中美关系僵化可能对中日科技创新合作产生一定的影响；从长期看，也可能为中日科技创新合作提供新的契机。目前，日本“科学技术基本计划”进入第六期，正处于新一轮科技政策深刻变革的调整期。本文基于日本科技界的最新发展动向，研判日本科技政策可能产生的变化，提出我国的应对策略建议。

〔最新动态〕

近年来，日本科学与技术的全球地位及竞争力逐年下降。从数字化方面来看，日本在IMD《世界数字竞争力》的排名，从2018年的22位下降到2020年的第27位；从创新活力来看，日本在WIPO《全球创新指数》排名中，从2018年的13位下降

到 2020 年的 16 位；从科研实力来看，日本在国际上发表的论文数量、高关注度论文（排名前 10% 的高被引论文数、排名前 1% 的高被引论文数）排名均显著下降；从科研潜力来看，日本攻读博士课程的学生数量持续减少，博士学位获得者数量一直在减少，年轻技术人员和企业家的数量持续处于低迷状态。为改变这一现状，日本提出了诸多新的发展举措，具体如下。

（一）重视培养优秀青年学者，增加科研经费投入

日本发布的《2021 年度科学研究费资助事业》中提出，以加强日本学术水平和培养年轻研究者为目标，通过共同研究和设备共享发展新的研究领域。例如“创新发展性研究支持事业”将重点支持 35 岁至 45 岁的年轻研究人员，合计支持 700 ~ 1000 人，每年提供 1500 ~ 3000 万日元的研究经费，最长提供 10 年。2021 年 1 月 28 日，参议院全体会议上通过“修改国立研究开发法人科学技术振兴机构 (JST) 法的部分内容的法案”，提出将重点培养包括博士研究生在内的年轻科研人才。在 2021 年度“科学技术创新基本计划”中，日本政府提出了总额 30 万亿日元（约合人民币 1.9 万亿元）的投入目标，用于支持年轻学者和女性研究者，相对于第五期计划（2016 ~ 2020 年度）的 26 万亿日元显著增加了 4 万亿日元（约合人民币 2432 亿元）。

（二）加强科研成果转化能力，强化关键技术保护

2021 年 3 月 31 日，日本文部科学省发布“转化研究支持组织认证系统”，该计划提出了详细的实施指南、组织认证及运营的支持政策，旨在对接前沿生物医药研究成果和现实的临床场景应用需求，加强大学、科研机构、企业、医院等科研成果转化的多主体链接，为社会公众提供新型药物和医疗器械。在此之前，2021 年 1 月，全日本科学技术协会 (JAREC) 发布“加

强知识产权能力”培养计划，旨在让企业和国立研究开发机构的专利持有人运用专利权等知识产权进行科技创新。另外，文部科学省从2021年开始要求日本的科研经费申请者需申报个人接受国外研究资金的情况，以防止技术外流、提高研究透明性并把握学者海外活动动向。截至2021年4月2日，日本内阁府成立的工作小组先后9次召开工作会议，讨论数字时代背景下的知识产权保护问题，并拟制定《2021年知识产权促进计划》。

（三）布局信息通讯技术领域，重视基础领域研发

日本政府将支持发展6G通讯技术以及可防止窃听的量子加密技术。日本总务省拟规划300亿日元基金，委托民间企业与大学进行6G研发；并且官方将投入200亿日元，设置下一代通讯技术相关的先进实验设备，为民间研发机构提供硬件支持。日本经产省将设法支持5G之后的下一代通讯系统的发展，预计要在2026年度（2026年4月到2027年3月）达成此项目标；并且，拟在2021年春构建试产产线，重点突破先进半导体、新型材料等相关技术，同时也开展网络与基地台、传输线路等通讯系统的研发，以推动智能工厂、车联网等项目的应用。另外，日本早在2018年就启动“登月型研发事业”，旨在加强基础领域研发，在2021年3月8日又发布了7项研发计划：到2050年实现机器人自主学习和行动、实现可持续资源循环发展、实现可持续的无浪费的食品供应业、实现容错通用量子计算机。

（四）全面推进数字经济发展，加强官学对话交流

为加快网络空间与物理空间的深度融合，日本加快布局数字经济发展，通过建立数据平台，在教育、医疗、防灾等领域提供便捷的数字应用服务，拟在2022年建立起不同业务、不同领域的数字发布标准和治理规则；到2023年底，将建立以

DSA60 为核心的跨学科数据协作体系，推动各领域数据基础设施、智慧城市、超级城市、研究数据基础设施的互联互通，从而实现更高水平的数据利用。另外，为科学地制定政策，日本工程院会员推动立法机构与学术界密切合作。2020 年 12 月 9 日，日本国会议员与工程院会员举行了“第一届政治家与科学家对话会”，就新冠疫情后如何进行科技创新、如何进行数据利用、如何加强风险沟通等内容展开交流，并形成了合法化、机制化的沟通渠道，为政府科技政策的循证决策奠定了良好的基础。

（五）加速构建国际合作网络，集聚全球优秀人才

日本文部科学省正在推进“世界一流国际研究中心倡议”，该倡议旨在创建作为基础研究平台的“国际人才流动中心”，让来自世界各地的优秀研究人员聚集在日本的大学和研究机构，实现“世界头脑循环中心”为目标的“世界顶尖研究基地项目”及吸引优秀海外留学生的“超级国际化大学项目”。日本政府将每年通过提供研究奖学金邀请 500 多名优秀的年轻海外研究人员到日本大学 and 研究所，以加强与国际研究网络的联系，构建全球合作研发网络。2021 年 4 月 16 日，日美首脑会谈发表了《联合声明》，并启动有关脱碳和清洁能源的“日美气候伙伴关系计划”和“美日竞争力和复原力伙伴关系计划”，旨在围绕民用空间探索（包括登月计划和小行星探索计划）、量子科学技术研发、新冠疫情防控（包括共享疫情防控数据和实用知识以及加强医学研究机构合作）、清洁能源技术创新等方面展开合作。

〔主要研判及建议〕

通过对日本科技界近期发展动向分析并结合日本“第六期

科学技术基本计划”的规划框架，本文对未来5年内日本科技政策发展方向及主要内容作出如下研判。

（一）日本科技政策的核心战略基点

日本在2016年推出的《第五期科学技术基本计划》中首次提出“社会5.0”（Society5.0）概念，“社会5.0”是继狩猎社会（社会1.0）、农业社会（社会2.0）、工业社会（社会3.0）和信息社会（社会4.0）之后的超智能社会。但是，当前日本在疫情应对中暴露出数字化转型迟缓等问题迫使日本政府要加快数字化建设步伐。2021年3月26日，日本内阁会议上通过的《第六期科学技术基本计划》提出从三方面实现“社会5.0”的科技创新政策，主要包括：（1）确保国家安全、加强国家可持续发展和复原力；（2）拓展知识前沿，增强科研实力；（3）培育人才。日本拟在“社会5.0”中，利用传感器将物理空间的海量信息累积在网络空间之中，并通过人工智能、大数据算法等技术将信息结果以多模态的形式反馈给物理空间的人类社会，其根本目的是通过高度集成网络空间（虚拟空间）和物理空间（现实空间）系统，实现经济发展并解决社会问题。未来5年，日本将以宏大的“社会5.0”计划作为科技政策制定的战略基点，从运输、医疗、护理、制造、农业、食品、防灾、能源等多方面建设新型的、智能的、以人为本的社会。

（二）日本科技政策的主要发展方向

日本将围绕“社会5.0”战略建设可持续的、有韧性的、多业态的社会，将更加重视科学技术对社会变革的作用，其主要的科技政策走向预判如下。

一是深化科教领域体制机制改革，更加重视人力资源的系统开发。日本将推行科研人才评价改革和竞争性科研经费改革，

重视年轻研究人员的环境优化及发展激励，特别是重视女性研究人员参与学术研究；将推进大学改革和战略管理职能扩展，设立 10 万亿日元大学基金以增强科研人才探究能力及继续学习的意愿，更加重视博士人才的培养；在中小学阶段提倡实施 STEAM 教育并加快推进“GIGA 学校”计划^①。

二是加大科研经费投入，强化基础科学研究。未来 5 年日本政府研发投入总额拟达到 120 万亿日元，将围绕下一代基础设施和技术开发进行探索研究，如超越 5G、超级计算机、空间系统、量子技术和半导体，特别是在人工智能技术、生物技术、新材料、环境能源、健康医疗等方面进行重点突破；重视创新生态系统的形成和培育，优化产官学联合创新体系。

三是强调数字技术的社会性融入，加快智慧城市建设。拟依托数字技术加快智慧城市和超级城市的建设，加快建设适合数据和 AI 利用的下一代社会基础设施，部署能够连接数据的城市操作系统。到 2025 年全日本从事智慧城市工作的地方政府和民用企业、地方组织（智慧城市公私合作平台成员和观察员）数量拟达 1000 家以上。

四是推进循证决策与技术保护，更加重视科学家的作用。扩大“循证系统”功能，系统涵盖资金及人才动向、研究机构活动、论文和专利、经济社会动向等数据，更加重视关键技术保护和科学家的作用，并逐步探索循证决策系统的推广普及应用。

① STEAM 指科学 (Science)、技术 (Technology)、工程 (Engineering)、艺术 (Art)、数学 (Mathematics)，STEAM 教育就是集科学、技术、工程、艺术、数学多学科融合的综合教育；“GIGA 学校”是指“人人享有创新门户”（Global and Innovation Gateway for All）的学校网络教学系统建设，为每位中小學生配备一台计算机，以实现中小学信息化教学。

五是关注全球性气候课题，加速发展循环经济。重视气候变化带来的气象灾害、突发性灾难的化解与应对，提出“碳中和”发展理念，拟到 2050 年将二氧化碳排放量实质为零的“零碳城市”增加到 300 个；大力发展循环经济，打造“区域循环共生区”，提高资源利用率，资源生产率由 2017 年的 39.3 万日元 / 吨拟提高到 2025 年的 49 万日元 / 吨。

六是积极同国际社会沟通，加快构建全球合作网络。加强同美国、欧盟等科技水平较高的先进国家开展国际联合研究，发挥 AIST 零排放国际联合研究中心、下一代能源平台研究中心、东京湾创新区等“全球创新研究中心”的引才聚才功能，扩大日本学生和年轻研究员在海外学习和体验的机会，加速构建全球创新合作网络，实现“科技外交”的战略性发展。

（三）我国的应对策略

面对复杂多变的国内外形势，如何维持和深化同日本科技的策略性合作、抢抓科技创新发展制高点，成为中美科技合作加速脱钩背景下的重要着力点。通过研究日本科技界近期发展动向及《第六期科学技术基本计划》，提出如下 6 方面的对策建议。

一是要优化顶层设计，推动科技创新领域的调适性变革。日本拟通过深化科教领域的体制机制改革，以重塑其科技创新实力。我国也应根据时代变革的要求，优化我国科教领域人力资源的系统性开发，加强对研究生、青年科研工作者的系统培养和支持，赋予科研机构更大的人事自主权。创新科技项目立项和组织管理方式，完善“揭榜挂帅”的配套机制，组建创新联合体、共同体等新型柔性组织，推动产业链上中下游、大中小企业融通创新。赋予科研人员职务科技成果所有权和长期使

用权，制定科技成果转化尽职免责负面清单和容错机制。积极探索建立支持新型研发机构发展的体制机制，逐步推进技术要素市场配置改革。

二是要加强基础研究和关键核心技术的统筹布局。日本政府布局的“登月型研发计划”“战略性创新创造计划”“光量子飞跃旗舰计划”等均瞄准未来世界变革的核心技术和关键领域。我国虽然已经在5G通信、轨道交通设备、电子商务、移动支付等方面引领世界潮流，但在高端芯片、高端医疗设备、数控制造、特种材料、电子化学品和基础软件系统仍需加快追赶。要以生命、材料、能源、空间、天文及工程技术等科学领域为重点，规划建设重大科技基础设施集群，建立突破型实验室体系，优化调整重点实验室布局，解决科技基础资源制约问题。

三是加强政产学研对话交流，构建循证决策机制。日本愈加重视官学对话交流，扩大“循证系统”功能。我国要持续优化和创新政产学研对话交流机制，灵活探索“项目式”“联盟式”“虚拟式”的协同对话交流匹配机制。另外，要积极构建以大数据为支撑的数据筛选和证据获取机制，通过数据融合、数据分析、数据筛查、数据评估等环节构建科技政策循证决策机制，建立有效证据传导至科技政策决策的情境化过程，确保科技政策的科学性、前沿性和适用性。

四是要加强国际交流合作，构建全球创新合作网络。日本依托AIST零排放国际联合研究中心、下一代能源平台研究中心、东京湾创新区等“全球创新研究中心”加速构建全球创新网络。我国可依托北京、上海、粤港澳大湾区及成渝双城经济圈打造全球创新战略高地，吸引跨国企业、国际实验室设立高端研发中心；依托国际科技类社会组织搭建交流合作平台，加大与国

际知名科技园、高等院校、科技企业交流合作力度，吸引相关国际产业组织和科技人才向国内集聚；依托“一带一路”沿线国家，积极合作建设面向各国的科技创新联盟和科技创新基地，最大程度地汇聚全球创新资源，提高我国在全球创新合作网络中的位势。

五是要围绕全球性气候课题，加强同日本进行战略合作。当前日本高度重视因气候变化带来的气象灾害、生物微生物灾难的化解与应对，提出“碳中和”发展理念。我国在《十四五规划》中也明确提出力争2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和目标。可同日本在工业和电力领域脱碳、碳捕集和封存、绿色氢能、绿色和气候韧性农业、绿色低碳交通及节能建筑等方面加强技术合作，在甲烷等非二氧化碳温室气体排放、国际航空和航海活动排放等方面加强政策合作。

六是加强与日本在科技人才方面的交流，重视科学人才的多学科融合培养。根据《第六期科学技术基本计划》，日本将增加学生和年轻科研人员国外交流学习的机会，我国可通过专业联合培育、留学生互访、科技文化交流节等方式同日本加强科技人才方面的交流与合作，积极构建双边创新合作网络。另外，要学习日本的“综合知识”教育培养理念，对我国科技创新人才加强人文社会科学知识的再教育。无论是社会发展的突发性事件（如新冠疫情）给人带来的精神和心理的社会割裂感，还是人工智能、大数据等技术变革带来的伦理讨论，都需要在研发创新过程中加大对伦理、法治等人文社会科学才智的运用。

本期撰稿组：赵立新、张丽琴、王达、孟凡蓉、张润强

世界科技经济新动态专班：任福君、赵立新、阮草、刘萱、张丽琴、
武虹、施云燕、石磊、杨宝龙、赵勳、王寅秋、马健铨、许艳玲、
齐海伶、付震宇、熊嘉慧、宋烁



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 刘薇 王达 苗晶良 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 31-2 期（总第 459-2 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 5 月 20 日

北极政策与战略——分析、综合和趋势

〔编者按〕2020 年 2 月，北极未来计划（Arctic Futures Initiative, AFI）发布《北极政策和战略——分析、综合和趋势》（*Arctic Policies and Strategies – Analysis, Synthesis and Trends*）报告。该报告是国际应用系统分析研究所（International Institute for Applied Systems Analysis, IIASA）主持的新一代研究项目的其中一部分。该报告采用定量和定性方法全面分析了北极国家、北极理事会观察员国以及北极土著居民组织等北极利益相关方在 1996 年至 2019 年间的政策、战略和宣言，涉及人文环境、治理、国际合作、环境保护、污染、气候变化、安全、经济、旅游、基础设施和科学与教育等诸多方面。报告总结了当前的重要政策方向，分别列出了每个利益相关方的政策新趋势。本文对其核心结论进行了编译。

在北极国家的国家战略中，北极被描述为偏远、分散、人口稀少的地区。它的生态系统被认为是脆弱的和独特的。虽然

对北极地区没有严格的定义，但人们普遍认为，如果该地区有一个南部边界，那就是北纬 60 度。北极国家是指位于北冰洋周围北极圈内的 8 个国家，包括：加拿大、芬兰、冰岛、丹麦、挪威、俄罗斯、瑞典和美国。北极理事会（Arctic Council, AC）由 8 个北极国家于 1996 年成立，是关于北极问题（尤其是环境保护问题）多边合作的高级别组织。北极地区的六个土著居民组织作为永久参与方（Permanent Participants, PPs），在北极理事会中发挥着重要作用，在理事会的谈判和决定方面拥有充分的协商权。同时，北极理事会给予“非北极国家”“全球和区域政府间和议会间组织”和“非政府组织”以观察员的地位。截至 2019 年 5 月北极理事会第 11 届部长级会议，共批准 39 个国家和组织（13 个非北极国家、14 个政府间和各国议会组织以及 12 个国际非政府组织）作为北极理事会观察员，具有观察员地位的非北极国家是法国、德国、意大利、日本、荷兰、中国、波兰、印度、韩国、新加坡、西班牙、瑞士和英国。

北极正面临着挑战，将对全球产生影响。北极的情况变化很快，各国政府和其他行动者必须跟上这一步伐。人们有责任采取行动，遏制该地区的一些消极事态的发展，并利用好新的可造福全球的机会。北极及其他地区的许多政府最近都发布了新的北极战略，更多国家和地区将在不久的将来也开始制定北极战略。

一、北极战略的优先事项

除美国外，所有北极国家都明确宣布将社会经济发展作为一个优先事项，并将气候变化或环境保护列为另一优先事项。除加拿大和瑞典外，所有国家都表示，国际合作也是一个优先事项。总的来说，对当前官方国家给出的战略和政策的比较表明，社会

经济发展、国际合作和环境保护是北极国家首要的优先事项。

另一方面，根据战略内容的不同指标维度分析，出现最多的指标依次为：治理、新的环境保护指标（包括环境保护和气候变化）、经济、国际合作和人文维度。

北极理事会的主席计划往往侧重于与环境保护指标有关的问题。在过去的几年里，人们也一直关注导致气候变化的污染物。在社会方面，人们普遍关注健康，以及对文化和语言的保护。两性平等的话题每隔几年就会出现在议程上。海事安全作为安全和搜救指标的一部分，在过去几届主席任期期间也成为关键安全问题。

北极理事会部长级宣言的内容倾向于将围绕国际合作、治理、人文维度和环境保护等指标的问题放在优先位置，这些指标长期以来被引用最多。这些宣言都直接或间接涉及北极理事会的两大职能：环境保护和可持续发展。在人文维度指标下，人们还关注北极居民的健康相关问题。除此之外，还讨论了与经济和基础设施指标有关的问题，尽管讨论程度不同于其他指标。

北极理事会常任成员中的四个土著居民组织的政策文件比较零散。尽管它们的重点各不相同，但相似之处是，所有政策文件都明确地说明了土著权利（个人和集体）问题，将其作为人文维度指标的一部分，并广泛而详细地说明了与治理指标相关的问题。此外，还强调了国际合作（和建立条约）指标的重要性。与环境保护不同，并非所有文件都明确涵盖了污染和气候变化问题，除此之外，所有文件都强调了北极土著居民使用其家园资源的权利。

根据量化测算，北极理事会 9 个观察国的国家北极政策和战略最常引用的指标是科教指标，其次是国际合作和经济指标，

以及新的环境保护指标（环境保护与污染、气候变化相结合）。这四大指标或多或少符合这些国家政策的官方优先事项或者政策目标和原则宗旨。

在分析北极国家、永久参与方、观察国现有的北极政策和战略的基础上，可以得出 21 世纪北极治理和地缘政治的新趋势。

二、北极国家的政策新趋势

1. 国家统治。北极国家主导着北极地区的地缘政治和治理，在管制北极地区方面发挥着至关重要的作用。新的北极动态受到土著居民的诉求的影响，这些诉求已将人类和社会问题提上议程，而且非北极国家对北极未来的兴趣明显增加，这是建立在地缘政治高度稳定和建设性合作的基础上的，在这种情况下，即使是乌克兰冲突对北极合作的影响也非常有限。因此，北极已成为世界政治中的“例外”，国家主权已被坚定地合法化。

另一方面，全球化的迅速推进有利于更好地获得北极资源，在北极进行经济活动和发展的机会也更大。然而，这并不意味着人们愿意将全球化本身纳入国家北极政策，人们更感兴趣的是接受北极理事会从一个重要的区域理事会转变为一个重要的国际理事会。

2. 北极发展的矛盾。尽管北极国家正在寻求环境保护与经济活动之间的平衡，并宣称必须实现这样的平衡，但在环境保护与经济发展之间却存在矛盾。

尽管上述目标之一是环境保护和可持续性的实施，但北极国家既不喜欢严格的环境条例，也不喜欢签订“北极条约”。因此，大多数国家把经济活动的重点放在采掘资源（例如采矿、能源）上并不奇怪。大多数政策中未体现的旅游业也一直呈上升趋势，这就产生了一种总体感觉，即基础设施的发展应支持经济活动，

特别是在航运业（尽管存在安全问题）。

3. 关注科学。科学的作用越来越大，由于气候变化的压力，北极国家已经学会并开始依赖科学研究来进行决策，包括国际科学合作，尽管在 20 世纪 90 年代北极理事会成立时，污染和环境保护并没有被视为政策的触发点或驱动因素。与此同时，越来越多的需要和普遍的趋势是增加获得教育和培训的机会，为北极居民在自然资源部门工作做好准备，尽管教育程度的提高在过去被忽视了。

三、北极理事会主席计划和宣言的新趋势

1. 主席计划

（1）各自为政。虽然环境保护和可持续发展作为北极理事会的职能是平等的，但北极的优先事项是分散的，是基于国家利益的，焦点多种多样，包括对文化、语言、传统知识、心理健康和两性平等的认识。

（2）北极开发的矛盾。在环境和经济（可持续发展）之间寻求平衡的方法是着重于海洋生物资源、蓝色经济、航运和旅游业。然而，尽管人们一致认为环境和经济必须平衡，但在这一领域很少强调国际合作和国际间分享最佳做法。

（3）污染物的转移。主席计划提到了一系列污染物，如持久性有机污染物、多氯联苯、汞和放射性物质、黑碳、甲烷、海洋垃圾和微型塑料等。早期的计划几乎没有提及不同的污染物，直到 2011 年瑞典的主席计划，才开始围绕不同的气候变化污染物进行持续地讨论。在最近的计划中，更加一致的海上安全、搜索和救援以及《极地规则》和《搜救条例》也得到了解决，表明这已成为一个更紧迫的问题，原因可能是进入北极水域的机会有所增加。

（4）研究与教育。人们对北极研究的目的并没有太多的关注。明确提到了教育，包括北极大学和远程或电子学习形式。也就是说，有一些关于提高教育成就水平的讨论。

2. 部长宣言

（1）明确的优先级。强调优先事项本身的必要性，以及其中向突出人类和社会问题（如心理健康）、治理（特别是北极理事会程序）以及北冰洋安全与保护（如搜救条例）过渡的必要性。

（2）强调稳定性。自 2011 年《努克宣言》以来，尤其是 2017 年首次 8 个北极国家的外交部长全部出席的《费尔班克斯宣言》中，部长宣言的序言部分强调了“维护北极的和平、稳定和建设性合作”。同时，这也维持了建立北极理事会的《渥太华宣言》的承诺，即不涉及军事安全问题，尽管如此，宣言中并未着重强调国际合作的作用。围绕国际合作和国际条约的讨论减少也是个有趣的现象，特别是在全世界对北极的兴趣不断增长的情况下。

（3）新的经济活动。新的经济活动有所增加，其中包括向可再生能源和生物资源、蓝色经济、本土食品安全、基于生态系统的管理的转变，以及对北极经济理事会作为公共和私营部门之间运作机构的支持。

（4）污染物的转移。部长宣言提及存在着污染物的转移，特别是来自北极地区以外的污染，从放射性污染物和重金属转移到黑碳、甲烷（作为温室气体）和微型塑料转移。虽然这些宣言确实解决了出现的新问题，但人们对持久性有机污染物和汞的关注也在持续增长。同时，关于与新经济活动有关的一般船舶废弃物和油污的议论却依然很少。

(5) 关注科学。除了北极大学被明确提及外，对科学而不是教育的关注正在增长，这意味着教育可能会成为一个新问题。

四、永久参与方的政策新趋势

1. 关于土著居民权利的国际条约。北极土著居民组织寻求通过国际合作和协定（特别是《联合国土著居民权利宣言》）和国际组织（通过联合国机构和北极理事会）支持土著居民并实现其权利。国际条约通过承认土著居民是合法的政治实体并且是国际化和数字化“互联世界”的一部分，将土著权利与国际北极政治联系起来。

2. 土著居民的自决权和自治权。“土著权利”是指个人和集体权利（包括心理健康、儿童教育）与其管理自己领土、使用和开发其资源的权利相联系，经济作为自决/自治的一种手段。

3. 关注科学。强调为避免新殖民主义和“绿色”殖民主义（风能、水能、波浪能等），应与土著居民合作，并结合土著知识，进一步研制科学成果。建议通过适当的措施，例如“本土影响评估”等政策指标，作为平衡环境保护与可持续发展和土著居民自治之间可能会产生的问题的解决方法 and 解决手段。

五、观察员国的政策新趋势

1. 北极利益相关方。北极理事会观察员国正在重新规划和界定其与北极区域有关的地理和地缘政治地位，并对北极及其特殊特征有自己的定义。此外，它们中的许多国家和组织正在重新确定自己与北极的关系，并将自己定位为北极利益相关方，这包括采纳、甚至更新其国家政策/战略或其他关于北极的政策文件。

2. 北极全球化。观察员国认识到，现有的治理结构和国际协定以及北极国家的国家管辖权，是维持高度地缘政治稳定的

一种方式。同时，它们正在执行国际条约和协定，特别是《联合国海洋法公约》，承认国际海洋法和北极的全球化，以便在北冰洋治理中获得和维护共同一致的自由和权利。

3. 北极发展存在的矛盾。脆弱的北极生态系统正在发生重大变化，新的经济活动正在成为可能。

4. 关注科学。北极作为一个“科学空间”受到了研究者对最引人关注的问题领域和对该地区内的研究站(斯瓦尔巴群岛)的重视。与此同时，尽管观察国承诺尊重北极地区土著居民和其他居民的价值观、利益和文化，但他们对这些所谓的“传统知识”的认可度仍较低。

(编译：许咏丽 巩玥 罗彧，责任编辑：苗晶良)

文章来源

<https://iiasa.ac.at/web/home/about/events/200217-Arctic-Report.html>



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 32 期（总第 460 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 5 月 20 日

印度生物技术的创新经验

〔编者按〕2020 年 2 月，英国国际发展部和其他支持扶贫计划的政府部门委托 K4D（Knowledge, Evidence and Learning for Development）编写并发布了《印度生物技术创新经验证据》（*Evidence of India's Biotechnology Innovation Experience*）报告。通过对学术研究、政府出版物和印度政府网站以及不同发展机构发表的报告的收集和审查，该报告提供了关于印度生物技术的发展政策和方案的分析，且特别侧重于描述印度在医药卫生、农业、清洁能源和废物转化等部门的创新经验和实例。本文对其主要内容进行编译。

一、概述

印度将生物技术列为国家优先发展事项，并制定国家发展战略。2012 年，印度政府成立了生物技术产业研究协会理事会（Biotechnology Industry Research Association Council, BIRAC），该国第一次为促进和指导平价产品开发的创新研究而

成立的组织。该组织促进产学研合作，支持“创新周期”各个阶段的项目——从构思、概念验证、测试到后期产品开发，最后在市场上实现商业化。

印度政府对生物技术创新的支持主要集中在初创企业和企业家身上，以促进研究理念向商业产品的转化。为弘扬生物技术领域的创业精神，印度制定了若干有针对性的举措。国家投资计划和风险资本为支持公共部门研究人员和初创企业家之间的合作提供了必要的资金和机会，鼓励早期初创企业和中小企业在关键公共部门创新和开发产品，以满足国家需求。同时，印度与其他国家建立战略联盟，通过技术转让支持生物技术创新。

二、印度生物技术的创新战略与方法

印度的生物技术发展战略旨在将印度建成世界级的生物制造中心，印度生物技术的发展进程目前以“2015—2020 年国家生物技术发展战略”为指导，在大量投资的支持下，创造新的生物技术产品，为研发和商业化提供强大的基础设施。主要优先事项包括：

- 在 2025 年前实现生物经济达到 1000 亿美元的挑战。
- 在全国建立技术开发和转化网络：5 个新集群、40 个生物技术孵化器和 20 个生物连接中心。
- 重点聚焦医药卫生保健、食品和营养、清洁能源和教育领域。

BIRAC 通过其生物技术点火拨款计划（The Biotechnology Ignition Grant Programme, BIG）在资助和培育创新理念方面一直处于领先地位。该计划有助于鼓励年轻企业家进行创新，以测试他们的想法，并将其带到概念验证阶段。该项目提供的

支持包括：

- 18 个月的企业孵化，种子基金约 70000 美元。
- 与国际研究机构合作，如剑桥大学 Judge 商学院，提供知识和学习机会。
- 在全国建立 25 个生物技术孵化中心，重点关注医疗设备、生物制药、疫苗和诊断以及产业生物技术。
- 扶持初创企业，培育具有商业化潜力的高端产品，鼓励研究人员通过初创企业将技术推向市场。

三、印度生物技术创新经验的证据

1. 清洁能源

印度致力于加强创新，实现清洁能源转型。2005 年，印度推出了乡村能源安全计划，利用当地的生物质资源满足偏远村庄的总能源需求（即烹饪、照明和生产性使用）。项目结束时，共安装了约 700 千瓦的发电设备，其中近 90% 是生物质气化技术。2018 年，印度与国际能源署就“加强清洁能源转型创新”签署协议，承诺将清洁能源研发方面的公共投资翻番，并与私营部门合作，促进国际合作和鼓励创新者。目前，印度一次能源总量的 32% 来自生物质，该国 70% 以上的人口依赖生物质来满足其能源需求。

印度在可再生能源方面的经验还涉及各种技术和设备，如炉灶、沼气厂、生物质气化炉、太阳能光伏照明和太阳能热水系统，这些技术适合农村地区，并能够为农村地区提供清洁能源。印度的创新不仅体现在各种技术应用上，而且体现在制定和实施可持续的模式上。

印度推进生物质转化为乙醇的本土技术研究，将农业废弃物高效地转化为生物乙醇。印度第一个第二代乙醇工厂于 2018

年落成，它是一个基于国产技术建造的具有商业规模的生物质乙醇工厂，是在科技部的一个项目下开发的。政府支持并鼓励对生物质能源部门的技术、资源评估和系统建模进行研究。

尽管印度在生物质能源管理方面有数十年的经验，但其供应链中仍然存在断层。为此，印度进行干预的主要措施是收集原材料并将其运至工厂，提高处理装置（包括生物和热电厂）的技术水平，改进设计和工程方面，提升性能监测和管理系统，开展可行性研究并开展重点研究与开发。

2. 农业生物技术

印度农业生物技术部门在 20 世纪 90 年代在核糖体 DNA、转基因和分子标记辅助植物育种方面取得了巨大的进步。印度政府以配套的政策支持和监管框架作出了回应，旨在使研发方面的进展道路具有可持续性和生物安全性。

印度是一个以农业为基础的国家，50% 以上的人口依赖农业。目前，印度已成为世界上促进农业生物技术特别是转基因作物本地研发的领先国家之一。它在管理转基因作物和转基因产品引进和商业化的综合生物技术和生物安全制度的运作方面具有经验。

3. 医药卫生生物技术

为实现生物制药的早期发展，2017 年 6 月，印度科技部启动了国家生物制药计划以加快生物制药发展。其目的是建立和培育一个生态系统，使印度在生物制药领域的技术和产品开发能力在未来十年达到具有全球竞争力的水平。通过平价产品开发，改变印度人口的健康标准。该任务由 BIRAC 执行，其支持创新的方法包括：

- 产品开发：产品开发处于产品开发生命周期的高级阶段，

与疫苗、生物仿制药、医疗器械和诊断学方面的公共卫生需求相关。

- 基础设施建设：建立和加强用于产品开发和验证的共享基础设施，为所有正在开发的产品做好准备。

- 加速研究：通过提供具体培训来开发人力资本，以解决产品开发价值链中的关键技能断层。

- 技术转让：建立和加强技术转让和知识产权管理能力。

4. 变废为宝

印度生物技术部正通过“清洁印度任务”的几项举措，为新技术的发展做出贡献。实现清洁能源和变废为宝是其优先任务领域。印度生物技术部在生物能源研究方面取得了重大进展，并从基础研究扩大到应用，以确保灵活性和不断获得最佳技术。它已开发出高成本效益、高效率的方式将废物转化为能源，并建立了工厂，以扩大不同形式的能源生产。目前的成果包括：

- 第一个生物质乙醇工厂，将农业废弃物转化为生物乙醇。

- 用于废水处理的 5 个反应器每天 24 小时运行，还有 4 个试点，用于厌氧预处理和能量回收。

- 新型生物厕所技术，为减少用水、无病原体和无气味排放以及废物的生物消化提供创新解决方案。

- 用于纺织业废水处理的绿色修复技术。

四、生物技术创新的具体项目

1. 清洁能源

(1) 印度 - 瑞典创新加速器

印度 - 瑞典创新加速器 (India-Sweden Innovations Accelerator, ISIA) 是一项旨在沟通印度和瑞典之间创新和创业精神的项目。ISIA 已经开发了一些新的清洁能源技术，包括

太阳能水泵，将水和能源输送到印度农村，以及再利用用于制造气囊的材料，以创建基于织物的沼气反应堆。

（2）串集成甲烷平台

串集成甲烷平台项目利用合成生物学、发酵技术、化学和过程工程等方面的进展，将甲烷转化为蛋白质。该项目一直在进行产品开发和测试，以创造一种用于动物饲料的蛋白质产品。创新得到了 BIRAC（废物转化价值基金）和未来亚洲食品公司的研究资助。

2. 农业技术

（1）珍珠小米的分子标记辅助选择

利用分子标记辅助选择改良一种当地的珍珠小米品种，并推广一种新的抗病抗旱品种，是印度在农业生物技术方面的努力之一。从工具开发到新品种的发布，科学家和资助伙伴的合作跨越了 20 多年（1989 年至 2010 年）。合作的目的是开发基于分子标记的遗传图谱，并将其用于提高抗病性和耐旱性等性状的育种，以造福印度农民。

（2）印度农民生物科技中心

印度农民生物科技中心是一个由印度政府生物技术部资助的项目，通过科学赋能农民，并为小型和边缘农民面临的挑战提供解决方案。该项目创建了强大的科学家－农民互动平台，对项目进行示范和扩大，使用经过验证的技术解决了当地农民的水、土壤、种子和销售问题，在 9 个农业气候区建立了生物技术中心。

此外，英国生物技术和生物科学研究理事会(Biotechnology and Biological Sciences Research Council, BBSRC)、英国工程和物理科学研究理事会(Engineering and Physical

Sciences Research Council, EPSRC)、英国研究与创新(UK Research and Innovation, UKRI)和印度生物技术部(Department of Biotechnology, DBT)共同投资,以支持英国和印度科学家增加豆类或油籽的可持续生产。这些联合项目的成果将有助于加强粮食安全,减少进口需求,满足印度不断增长的人口需求。

3. 医药卫生生物技术

(1) 国家生物制药计划

印度的 BIRAC 国家生物制药计划有利于生物制药部门的创业和本土制造业的发展。其具体项目包括:

- 疫苗项目。它帮助完成了低成本的轮状病毒疫苗,该疫苗成为了印度普遍免疫计划的一部分,已在印度 9 个邦推出。此外,印度也在疟疾和登革热等疾病的疫苗研发方面取得了重大进展。

- 快速诊断人类腹腔疾病的技术。印度通过多机构、跨学科的合作开发了乳糜泻诊断试剂盒,已上市销售。

- 印度于 2014 年发起了解决妇女产前问题的方案。这是一项通过提高对潜在的病理生理机制的认识来预测和诊断早产的研究工作。该计划旨在解决印度占全球新生儿死亡人数 25% 的社会需求。

(2) 印度包容性创新项目

印度创新促进包容性项目于 2017 年与世界银行合作启动。目的是通过将研究概念快速转化为可行的产品并支持临床验证,来促进国内生物制药行业的增长,增加本土私营部门在有质量保证、低成本的生物制药、医疗器械和诊断方面的创新,以解决公共卫生优先事项。此外,通过 BIRAC,它意图实现产业界

和学术界之间的可持续合作网络，并支持创业生态系统。

该项目通过以下方式促进生物制药产品和医疗器械的创新：

- 扩大众公司的创新能力；
- 升级和扩大印度的技术中心；
- 通过针对生物制药、诊断和设备的产品开发伙伴关系促进协作，以解决公共卫生优先事项；
- 加强生产和验证的基础设施和技术的共享；
- 在关键领域发展技能和加强培训设施以及工具；
- 在全国各地的设施中建立技术转让办公室；
- 提高印度政府对该行业全球监管流程的认识。

4. 变废为宝

印度已将产业废物转化为多种有用的产品（生物精炼法），以提高废物的价值回收率，减少需要处理或排放到河道中的废物的数量。英国研究与创新（UKRI）和印度生物技术部（DBT）支持英国和印度学术界和产业界之间的多学科研究合作。该领域的研究和开发项目侧重于利用尖端生物科学、化学和工程解决方案减少印度的产业废物和污染，主要涉及甘蔗部门、造纸和纸浆部门以及城市固体废物。通过英国和印度合作发起的项目包括：

- 产业废物的生物净化；
- 利用可变混合固体废弃物生产高价值化工产品的经济型非食用糖；
- 将造纸厂废物转化为化学财富的综合生物炼制厂；
- 减少甘蔗加工产生的产业废物；
- 通过在预处理、生物转化和工艺强化方面的创新，对甘蔗和相关产业产生的废物进行价值评估。

(编译：许咏丽 巩玥 罗彧，责任编辑：苗晶良)

文章来源

[https://assets.publishing.service.gov.uk/
media/5e9d6ec8e90e070497281d9b/755_Indian_Innovation_
Lessons.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5e9d6ec8e90e070497281d9b/755_Indian_Innovation_Lessons.pdf)



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 33 期（总第 461 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 5 月 20 日

2030 数字罗盘：欧盟数字十年战略

〔编者按〕2021 年 3 月，欧盟委员会发布了《2030 数字罗盘：欧盟数字十年战略》（*2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade*）报告，为欧盟数字化发展提供战略建议。报告指出，欧盟的数字化发展落后于美国和中国，欧盟应该通过加强人员的数字化技能培训、加强数字化基础设施投资、鼓励企业进行数字化转型、实现公共服务的数字化等方法实现数字化转型。本文对其主要内容进行摘编。

一、合力：欧盟的数字化转型

短短一年时间里，新冠肺炎大流行已从根本上改变了数字化在社会和经济中的作用，并加快了数字化的步伐。数字技术现在对于工作、学习、娱乐、社交、购物以及获取从医疗服务到文化等来说都是必不可少的，这也表明了颠覆性创新可以发挥决定性作用。新冠肺炎大流行还暴露了数字空间的脆弱性、对非欧盟技术的依赖以及虚假信息对社会的影响。

欧盟在自身优势的基础上继续发展——开放和竞争的单一市场、将欧盟价值观嵌入牢固的规则、在公平和基于规则的国际贸易中成为坚定的参与者、坚实的工业基础、高技能的公民和强大的公民社会。与此同时，欧盟需要仔细评估和解决任何战略弱点、脆弱性和高风险的依赖关系，因为它们危及欧盟要实现的目标，加快相关领域的投资。

2020年9月，冯·德莱恩主席宣布，欧盟应在明确目标和原则的基础上，在2030年实现欧盟的共同愿景，确保数字主权。主席特别强调云计算、人工智能要通过安全的数字身份，以及大幅改善的数据、超级计算机和连接的基础设施在道德领域获得领先地位。为此，欧盟理事会邀请欧盟委员会在2021年3月之前提交了一份全面的数字指南针，制定2030年的数字目标，建立监测系统，并概述实现这些目标的路径和手段。

这些目标的实现要求欧盟加速过去十年开始的数字化转型工作——以全面运作的单一数字市场为基础，并为战略中定义的塑造欧盟数字化未来加强行动。该战略提出了政策改革方案《数据治理法案》《数字服务法案》《数字市场法案》和《网络安全战略》。一些欧盟预算工具将支持数字转型所需的投资，包括凝聚力方案、技术支持工具和数字欧盟方案。欧盟议员达成的协议是，至少20%的救助恢复资金应支持数字化转型，建设欧盟的数字时代。

二、2030年愿景：赋予公民和企业权力

欧盟走向数字化经济和社会需要团结、繁荣和可持续性，立足于赋予公民和企业权力，确保其数字生态系统和供应链的安全和弹性。

这次新冠肺炎大流行带来的一个重要经验是，数字化可以

将人们聚集在一起，而不受所在地理位置的影响。数字基础设施和快速互联互通给人们带来了新的机遇。数字化可以成为权利和自由的决定性推动者，允许人们超越特定领域、社会地位或社区团体，并为学习、娱乐、工作、探索 and 实现抱负提供新的可能性。这解决了地理距离带来的问题，因为人们可以在不同地点工作、学习、与公共管理部门互动、管理他们的财产、使用卫生保健系统、自动化运输系统等。

然而，这场疾病大流行也暴露了数字空间的弱点，比如对重要的非欧盟技术的依赖（尤其是对几个大公司的依赖）、大量假冒产品的涌入和网络攻击放大了假情报对社会的影响。新的数字鸿沟也出现了，不仅存在于连接良好的城市地区和农村或偏远地区之间，在那些已经能够充分利用数字环境潜力的企业和那些尚未完全数字化的企业之间，也出现了类似的鸿沟。从这个意义上说，新冠肺炎大流行暴露了一种新的“数字贫困”，因此必须确保欧盟所有公民和企业都能利用数字转型，过上更美好、更富裕的生活。欧盟 2030 年的愿景是建设一个没有人掉队的数字社会。

数字化为人们提供了新的实现繁荣的方法，在越来越多的欧盟人感到经济安全或环境受到威胁之际，应当在欧盟和全球范围内开放市场和投资，允许企业家在他们居住的任何地方进行创新、建立和发展业务，并创造新的就业机会。

数字技术可以为实现欧盟绿色目标做出重大贡献。数字解决方案的采纳和数据的使用将有助于向良好的气候循环和更有弹性的经济进行转型。商务旅行被视频会议替换而减少排放，同时数字技术使得农业、能源、建筑、工业或城市规划和服务领域逐渐推进绿色进程，从而推动 2030 年前温室气体排放至少

降低 55%，以更好地保护我们的环境。数字基础设施和技术本身必须变得更具有可持续性，能源和资源效率更高。拥有创新和生态标准的企业在数字化转型中能够采取更低的环境消耗路径、更高能源和材料效率的数字技术。

基础设施和技术对于确保欧盟规则和价值观得到尊重是不可或缺的。强大的单一市场、公平竞争和基于规则的正常运作贸易，是欧盟经济成功和适应能力的关键保障。与此同时，数字技术大多在欧盟以外的开发地，而且各成员国在数字化方面的趋同程度仍然有限，阻碍了规模经济。由于加强了内部的力量，欧盟将成为一个更强大的国际伙伴。大规模扩大投资是必要的，通过所有相关的欧盟基金和国家支出，包括利用大量私人投资，欧盟能够发展关键技术，以促进生产力增长和经济发展，使其社会价值和目标得以实现。

三、绘制欧盟发展轨迹的四个基本要点

欧盟委员会提议建立一个数字罗盘，将欧盟提出的 2030 年数字目标转化为具体目标，并确保这些目标能够实现。罗盘将基于一个增强的监测系统，在数字转型的步伐、欧盟数字战略能力的差距以及数字原则的实施方面确保符合欧盟的要求。监测系统将包括实现愿景的方法，并沿着四个基本要点设定关键里程碑。前两个基本要点侧重于基础设施和教育及技能的数字化能力，后两个基本要点侧重于商业和公共服务的数字化转型。

1. 数字技术熟练人口和高技能数字专业人

在未来的世界里，如果我们想成为自己命运的主宰，对自己的方法、价值和选择充满信心，我们就必须依赖于被数字化赋能的公民，拥有数字化技能的劳动力，以及比今天更多的数字化专家。这应该通过高性能数字教育生态系统的发展，以及

有效的政策来促进与全球各地人才的联系并提升欧盟的吸引力。

数字技能对于增强我们作为一个社会的集体适应力至关重要。正如《欧盟技能议程》所解释的那样，所有公民都必须具备基本的数字技能，劳动者有机会获得新的专业数字技能，这是积极参与数字十年的先决条件。

《欧盟社会权利支柱行动计划》预计，到 2030 年，拥有基本数字技能的成年人将达到 80%。为了让所有欧盟公民充分受益于包容性数字社会带来的福利，需要让所有欧盟公民能够获得基本数字技能教育，并应该让终身学习成为现实。

广泛的数字技能还应该建立一个可以信任数字产品和在线服务、识别虚假信息 and 欺诈企图、免受网络攻击和欺诈的数字社会。在这个数字社会中，孩子们学习如何理解和驾驭他们在网上接触到的无数信息。

高级数字技能要求的不仅仅是精通编程或有计算机科学的基础。数字培训和教育应该支持劳动力获得专业的数字技能，以获得高质量的工作和有回报的职业。截至 2019 年，欧盟共有 780 万名信息通信技术专家，年增长率为 4.2%。如果这一趋势持续下去，欧盟在网络安全或数据分析等关键领域的专家需求将远远低于预计的 2000 万。超过 70% 的企业报告称，缺乏具备足够数字技能的员工是投资的障碍。性别比例也严重失衡，只有六分之一的信息通信技术专家和三分之一的 STEM 毕业生是女性。人工智能、量子和网络安全等领域的专业教育和培训项目的缺乏，以及其他学科中数字学科和教育多媒体工具的低整合，均加剧了这一问题。

到 2030 年，全球对人才的竞争将十分激烈，专业知识仍将稀缺，这些都将是各国创新、生产力增长和繁荣的关键因素。

因此培养欧盟的吸引力，以及支持数字人才计划，对欧盟的数字转型至关重要。

2. 安全、高性能且可持续的数字基础设施

欧盟只有具备互联互通、微电子和海量数据处理能力等可持续的数字基础设施后，才能建立起数字化领先地位，因为它们是其他技术发展的推动者，能够支持我们行业的竞争优势。欧盟需要在所有这些需要协调以达到未来目标的领域进行重大投资。

为欧盟的每个人和每个地方提供卓越和安全的连接，是每个企业和公民都能充分参与数字社会的先决条件，到 2030 年实现千兆连接是关键。尽管任何技术组合都能实现这一雄心，但重点应放在更可持续的下一代固定、移动和卫星连接上。在快速有效分配频谱和尊重 5G 网络安全工具箱的基础上，推出包括 5G 在内的高容量网络。另外在未来的几年里，6G 将不断发展。

随着未来十年的发展，家庭将增加对这些网络技术的使用，这反映了他们日益增长的对内高容量连接的需求。到这个十年结束时，新的数字通信特性和能力，如高精度、全息媒体和网络上的数字感官，预计将为数字社会提供一个全新的视角，支撑千兆连接的需求。在这个十年结束之前，企业将需要专用的千兆连接和数据基础设施来进行云计算和数据处理，就像学校和医院需要教育和健康一样。高性能计算将需要太比特连接，以允许实时数据处理。

欧盟的数字领先地位和全球竞争力取决于强大的内部和外部连接性，也应反映我们的国际参与，特别是欧盟的周边地区。考虑到欧盟周边数据网关的出现，欧盟需要一个全面的参与计划，包括与西巴尔干和东部伙伴关系国的宽带部署。欧盟将通

过陆地和海底电缆以及一组安全的卫星与其邻国和非洲的合作伙伴建立联系。此外，欧盟将通过与印度和东盟建立新的互联互通伙伴关系，加快实施欧亚互联互通战略。与拉丁美洲和加勒比的伙伴建立数字关系将成为与拉丁美洲和加勒比数字联盟连接性建设的组成部分。

如果说互联是数字化转型的先决条件，那么微处理器则是大部分关键战略价值链的起点，如联网汽车、手机、物联网、高性能计算机、边缘计算和人工智能。虽然欧盟设计和制造高端芯片，但在最先进的制造技术和芯片设计方面存在重大差距，这使欧盟暴露在许多漏洞之下。

为市民、中小企业、公共部门和大公司提供服务的数字基础设施需要高性能计算能力和综合的数据基础设施。今天，欧盟产生的数据通常在欧盟以外的地方存储和处理，其价值也在欧盟以外提取。虽然生成和利用数据的企业应保留在这方面的自由选择，但这可能带来网络安全、供应漏洞、转换可能性以及第三国非法访问数据等方面的风险。由于欧盟的云提供商在云市场的份额很小，这使得欧盟面临着风险，并限制了欧盟数字产业在数据处理市场的投资潜力。此外，考虑到数据中心和云基础设施对能源消耗的影响，欧盟应该在 2030 年前率先使这些基础设施实现碳中和与节能，同时利用它们多余的能源帮助家庭、企业和公共空间供暖。作为增强数字经济和社会指数的一部分，欧盟委员会将建立机制来衡量欧盟公司使用的数据中心和电子通信网络的能源效率。

然而，除非伴随着最先进的计算能力，否则云和边缘计算生态系统不会给欧盟企业和公共管理带来全部的好处。在这方面，通过对高性能计算的联合投资，欧盟各成员国会加速合作

部署世界领先的、联合的超级计算和量子计算数据基础设施。

与此同时，欧盟必须投资于新的量子技术。欧盟应该参与先进量子计算机的研发，这种量子计算机能在欧盟的任何地方使用，且具备较高的能源效率，能够在数小时内解决目前需要数百天甚至数年才能解决的问题。

3. 业务数字化转型

在新冠肺炎大流行期间，数字技术对许多企业来说至关重要。到 2030 年，5G、物联网、边缘计算、人工智能、机器人和增强现实等数字技术将成为基于数字共享经济的新产品、新制造流程和新商业模式的核心。在此背景下，欧盟委员会对数字单一市场和数字战略规划的快速采纳和实施将促进企业数字化转型，确保公平竞争的数字经济。当然实现这些目标还需要与国外的公平竞争环境相匹配。

企业的转型取决于它们能否迅速、全面地采用新的数字技术，包括在落后的工业和服务生态系统中。欧盟的支持，特别是通过单一市场、数字欧盟和凝聚计划，将促进数字能力的部署和使用，包括工业数据空间、计算能力、开放标准、测试和实验设施。

企业应该被鼓励采用数字技术和低环境消耗、较高的能源和材料效率的产品。欧盟必须迅速部署数字技术，以实现更密集和更有效的资源利用，这样一来，提高欧盟的物质生产率既可以降低制造业投入成本，也可以降低我们在供应冲击下的脆弱性。

我们应特别关注前沿和颠覆性创新。尽管欧盟创建的初创企业数量已经与美国一样多，但欧盟需要创造更有利的条件，以及一个真正发挥作用的单一市场，以便实现快速增长和规模

扩张。然而，为初创企业的成长提供融资的投资资金缺口与美国甚至与中国相比差距较大。欧盟已经产生了许多独角兽，但仍有改进的空间。

中小企业在这一转型中发挥着核心作用，不仅因为它们代表了大部分欧盟企业，还因为它们是创新的关键来源。在超过 200 个数字创新中心和产业集群的支持下，到 2030 年，中小企业将有机会在适当监管的保障下，轻松、公平地获取数字技术或数据，并从充分的数字化支持中受益。在这方面，超过 200 个欧盟数字创新中心和产业集群应支持创新型和非数字化中小企业的数字化转型，并将数字供应商与当地生态系统连接起来。目标是实现高水平的数字化强度，不让任何一个人掉队。

4. 公共服务数字化

到 2030 年，欧盟的目标是确保生活和网上公共服务对包括残疾人在内的所有人都完全开放，并从一流的数字环境中受益。该环境提供易于使用、高效和个性化的服务和工具，具有高安全性和隐私标准。安全的电子投票将鼓励更多的公众参与。方便用户的服务将使各年龄层的公民和各种规模的企业能够更有效地影响政府活动的方向和结果，并改善公共服务。政府作为一个平台，作为构建数字公共服务的新方式，在数据处理、人工智能和虚拟现实等先进能力无缝对接的情况下，将提供全面、便捷的公共服务。这也将有助于刺激欧盟企业的生产力增长，并树立企业（尤其是中小企业）进一步数字化的榜样。

然而，现实距离这一愿景仍有很大差距。尽管越来越多的人使用网上公共服务，但数字提供的服务往往是基本的，例如填写表格。欧盟必须利用数字化推动公民、公共行政和机构互动方式的范式变革，确保各级政府和公共服务的互可操作性。

欧盟也在开发智能数据平台,整合不同部门和城市的数据,提高公民的日常生活质量。目前这些平台提供的大多数数字服务仅限于基本服务,如智能停车、智能照明或公共交通远程信息处理。

数字化在“智能村庄”的发展中也发挥着关键作用,即在农村根据他们各自的优势,使用创新解决方案提高它们的应变能力。农村和城市社区的平台将以数字技术为动力,提供多模式智能交通系统、事故快速应急救援、更有针对性的废物管理解决方案、交通管理、城市规划、智能能源和照明解决方案、资源优化等服务。采用环保公共采购准则能促进绿色数字的转型。

数字化转型还应该赋能现代高效的司法系统,消费者权利的执行和公共行动有效性的提高,包括执法和调查能力。线下非法的行为在网上也是非法的,执法部门必须配备最好的装备,以应对越来越复杂的数字犯罪。

部署数字基础设施、技能和能力,并将企业和公共服务数字化,这并不足以完整定义欧盟走向数字未来的方式,我们需要让所有欧盟公民充分利用数字机遇和技术。在数字领域,我们需要确保线下适用的权利同样能够在线上得到充分行使。

为了实现充分授权,人们应该首先获得负担得起的、安全的、高质量的连接,并学习基本的数字技能,同时采用其他手段让他们充分参与经济和社会活动。他们还需要在普遍的数字身份基础上方便地获得数字公共服务,以及获得数字保健服务。人们应该受益于对在线服务的非歧视访问,以及安全可信的数字空间、远程工作环境中的工作与生活平衡、对未成年人的保护以及道德算法决策。

人们使用的数字技术和服务必须符合适用的法律框架，尊重“欧盟方式”固有的权利和价值。此外，以人为本、安全开放的数字环境应符合法律，但也应进一步使人们执行他们的权利，如隐私权和数据保护的权力，以及言论自由、儿童权利和消费者权利。

四、2030 年目标指南

1. 治理

在操作上，欧盟委员会打算以数字政策计划的形式提出一个数字罗盘，将由欧盟议会和理事会共同决定通过，将重点放在实现共同数字目标的交付和持续承诺上。该方案将包括下列各方面：

- (1) 为提议的四个基本要点中的每一点制订一套具体目标。
- (2) 能够根据相关目标和原则测量欧盟的数字化进展。
- (3) 每年发布数字进展的报告，提高公众在相关领域的认知。
- (4) 该报告将促使委员会和会员国进行合作分析，以确定解决弱点的办法，并为有效补救提出有针对性的行动。

2. 多国项目

为了实现欧盟数字十年的愿景，数字罗盘的四个领域均需要数字能力，这只有在成员国和欧盟的共同努力下才能实现。对于欧盟数字化转型所必需的大型技术项目来说，欧盟的数字化能力建设方法是必不可少的。先进的欧盟需要大量的资金和所有行动者的配合。

欧盟理事会呼吁在这些关键技术项目方面进一步加强欧盟和各国基金之间的协同作用。《恢复和复原基金条例》认为，应该将几个国家恢复计划的投资结合起来，以提供发展多国项

目的机会。此外，应该为更长期的行动做好准备，寻求确保获得投资。

在“连接、扩大、现代化、技能和升级”的背景下，作为国家恢复计划准备工作的一部分，多国项目的可能方向已经与成员国进行了讨论。欧盟委员会提供了业务支持，并鼓励会员国利用其国家恢复计划提供的资金，联合起来支持这种多国项目。

五、数字十年国际伙伴关系

经济或社会的数字化程度已被证明不仅是经济和社会适应力的关键基础，而且是全球影响力的一个因素。这次疫情的爆发凸显出数字政策从来都不是价值中立的，欧盟现在有机会推广其积极的、以人为本的数字经济和社会愿景。

为了让欧盟的数字十年取得成功，我们将建立强大的国际数字伙伴关系，以匹配我们指南针的四大支柱：技能、基础设施、商业和公共服务的转型。这将加强欧盟维护自身利益和提供全球解决方案的能力，同时打击不公平和滥用行为，确保欧盟数字供应链的安全和弹性。

欧盟的出发点是开放的数字经济，这种数字经济是基于投资、创新这些引擎。与此同时，欧盟将通过三项首要原则大力保障我们的核心利益和价值观：数字市场的公平竞争环境、安全的网络空间和维护网络基本权利。

在这方面，贸易政策和协议将发挥关键作用，以一种开放而自信的方式，基于欧盟的价值观，为数字贸易制定全球和双边规则。

作为新的跨大西洋关系的中心部分，欧盟提出建立一个新的欧美贸易和技术委员会，以深化贸易和投资伙伴关系，加强

联合技术和工业领导力，发展兼容标准，深化科研合作，促进公平竞争，并保证关键的供应链安全。

欧盟是多边论坛的重要参与者，是包容性多边主义的推动者，这种多边主义需要各国政府、公民社会、私营部门、学术界和其他利益攸关方共同努力，这样的论坛可以在全球范围内改善数字经济的运作。欧盟将积极果断地与成员国和志同道合的伙伴合作，在国际组织中推动以人为中心的数字化愿景。这种协调一致的做法尤其应该充分遵守《联合国宪章》和《世界人权宣言》。

作为我们数字国际参与的强大支柱，欧盟应在重建跨大西洋关系的基础上，引领志同道合的伙伴建立更广泛的联盟，向所有认同“以人为中心的数字转型”的人开放，并共同发展。我们将共同捍卫以单一的万维网为基础的开放、分散的互联网，以及尊重个人自由、促进数字公平竞争环境的技术。这样的联盟应该共同努力，提高竞争力和创新，在多边论坛上制定标准（如人工智能的道德使用标准），通过相互依赖和有弹性的供应链促进数字贸易流动，保护网络空间安全。欧盟委员会及其高级代表将与欧盟成员国合作，制定一种全面协调的方法，包括通过欧盟代表团网络建立数字联盟和外交推广。

到 2030 年，国际数字伙伴关系将为欧盟公司带来更多机会，通过安全网络增加数字贸易，尊重欧盟标准和价值观，为我们和其他伙伴希望看到的那种以人为中心的数字转型创造更有利的国际环境。

六、结论：前进的道路

数字罗盘为欧盟在数字十年中获得成功指明了一条清晰的道路。

公众和所有利益相关方的参与和承诺对成功实现数字化转型至关重要。在此背景下，欧盟委员会将在本次交流后不久就数字原则展开广泛磋商。委员会将在 2021 年与成员国、欧盟议会、区域和经济社会伙伴、企业和公民就沟通的具体要素进行接触，包括具有特定目标和治理的罗盘框架。委员会将设立一个利益相关者论坛，该论坛与“数字指南针 2030”工作的某些方面相关。

欧盟委员会将在这些协调步骤的基础上，以期在 2021 年第三季度之前向立法者提出数字政策计划，并希望在 2021 年底之前与其他机构就《数字原则声明》取得决定性进展。

（编译：陈鹏飞，责任编辑：黄诗愉）

文章来源

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:52021DC0118>



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 34 期（总第 462 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 5 月 20 日

发挥科协组织优势 助力企业数字化转型

〔编者按〕我国正处在经济结构转型的关键时期，数字经济逐渐成为国家经济高质量发展的重要牵引和推动力。数字产业化和产业数字化重要交汇点的企业数字化转型是推动数字经济腾飞的基础。当下，企业数字化转型在国际市场竞争、国家宏观政策引导、技术变革和新冠疫情的叠加影响下，亟需理论研究的创新和“科创中国”大背景下的典型示范。其面临的环境、能力、人才等诸多因素的制衡和问题值得深入研究和实践。以服务科技经济深度融合的“科创中国”事业为探索，实践企业数字化转型提供了崭新的研究视角和试验田。

2020 年 11 月，习近平总书记在亚太经合组织第二十七次领导人非正式会议上提到，数字经济是全球未来的发展方向。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》中更是将发展数字经济单独列出，提出要推进数字产业化和产业数字化，推动数字经济和实体经

济深度融合，打造具有国际竞争力的数字产业集群。中国信通院发布的《中国数字经济发展白皮书（2020 年）》显示，截至 2019 年底，中国数字经济规模已达 35.8 万亿元，位列全球第二，占 GDP 比重为 36.2%。

一、企业数字化转型背景

一是国家政策支持企业数字化转型导向越发明显。自 2015 年起，中央和国家机关相继出台了一系列政策，包括国务院 2015 年 7 月发布的《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》、国务院办公厅 2017 年 1 月发布的《关于创新管理优化服务培育壮大经济发展新动能加快新旧动能接续转换的意见》、发展改革委等 2018 年 9 月发布的《关于发展数字经济稳定并扩大就业的指导意见》、发展改革委等 2020 年 5 月发布的《数字化转型伙伴行动倡议》，以及国资委 2020 年 8 月发布的《关于加快推进国有企业数字化转型工作的通知》等，鼓励和引导企业开展数字化转型工作，并进一步探索和完善其理论机制和实现路径，以满足数字经济的发展需要。

二是新冠疫情加速企业数字化转型。2020 年初，突如其来的新冠疫情给全球经济发展造成巨大冲击，居家隔离、线上办公、无接触等一系列疫情下的非常举措已然改变了民众的生活习惯和工作模式，而这种情况在后疫情时代也将继续发酵，并进一步对传统企业运营机制产生影响，开展数字化转型也成为助力企业复工复产和创新发展的必由之路。

三是技术创新推动企业探索数字发展新模式。数字技术在企业管理和运营模式的深层次调整中扮演了至关重要的角色。针对 5G、区块链、人工智能、云技术、大数据等新技术与管理模式的融合，以及由技术催生的新业务场景将进一步带动企业

加速探索数字化发展的新路径。

二、企业数字化转型现状

在数字技术发展的助推下，数字化转型已成为企业全方位革新、重塑经营管理模式，甚至定义整个行业发展新方向的必然手段。文献调研现有企业数字化转型理论、案例等相关研究进展后，得出结论如下：

一是数字化转型理论研究已进入繁荣期，呈现多维度、多层次的特点。在 CNKI 中以“数字化转型”为关键字检索 2011—2021 年相关文献发现（图 1），文献数量呈逐年递增趋势，在 2019 年、2020 年更是呈现倍速增长。其研究热点主要围绕数字化转型机制和方法、数字化转型技术探讨、数字化转型影响和效益分析、数字化转型实践和案例分析四大类展开。

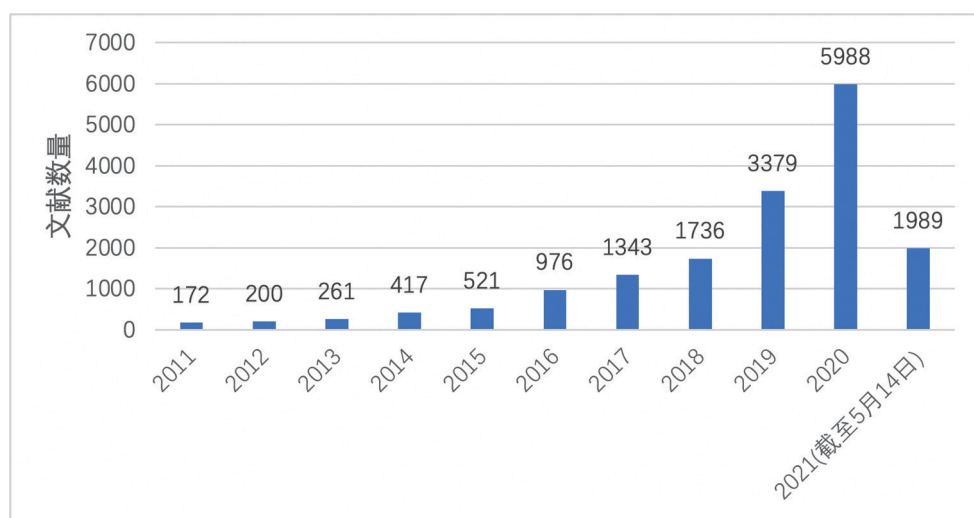


图 1 2011—2021 年数字化转型相关文献发布情况

二是企业数字化转型实践已进入爆发期，涵盖各行业、各业务领域。国资委 2020 年发布的 100 个国有企业数字化转型典型案例中包含了制造业、建筑业、电力业、交通运输业、金融业、采矿业、服务业、石油业、通信业、信息技术服务业等行业的 75 家企业，其中制造业企业数量最多，达到 28 家（图 2）。转

型领域包含产品服务创新、生产运营智能化、数字化营销服务、数字生态、新一代信息技术应用、工控安全、两化融合管理体系、综合等八类。此外，如物美、永辉超市、西贝等零售业和餐饮业的部分企业也进行了数字化转型的尝试，涉及企业内部管理、营销、客户和供应链管理等各方面。

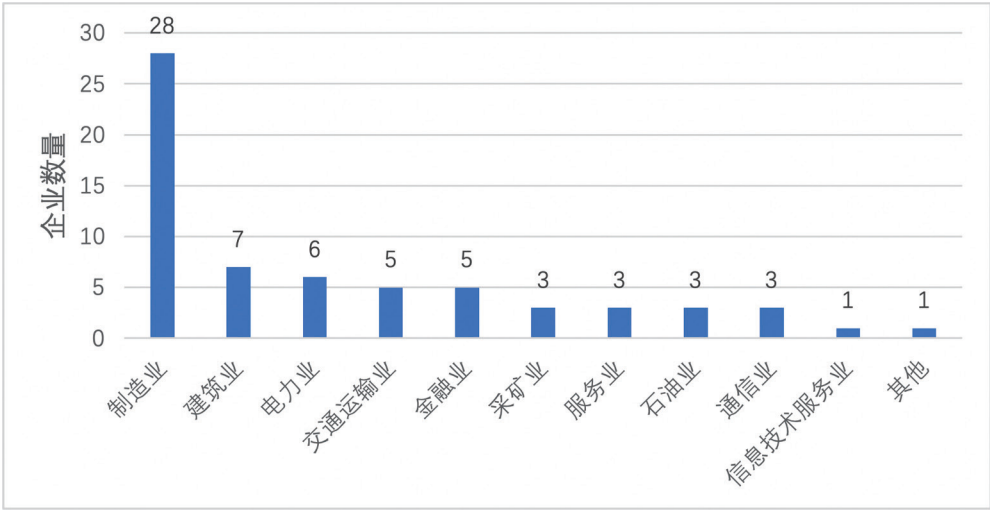


图2 国资委发布的典型数字化转型案例企业所属行业情况

三是数字化转型进入融合促进期，社会各界积极参与发挥组织合力。国家发展改革委等17部门联合发起“数字化转型伙伴行动”，其中发布的倡议方名单中包含国务院各部门、国家数字经济创新发展试验区、行业龙头企业、平台企业及服务商、金融机构、高校、科研院所和行业协会等，将在政策环境、理论研究、技术实践等领域提供支持。中国科协发布《“科创中国”三年行动计划》以品牌为牵引，联合产学研各界，共同推进数字化转型工作，为国家发展数字经济提供新动能。

三、企业数字化转型面临的问题

一是企业数字化转型外部环境仍有待优化。国家及各级政府对数字化催生的新业态和新模式的监管体系构建不完善，尚未建立完备的配套法规制度以规范企业行为（如限制用户数据

的获取和使用权限等)。此外,针对企业数字化转型实践的政策优惠力度有待加强,对于存在转型困难的中小企业在人财物上的支持不足,包括对数字新基建未形成系统化布局,无法充分发挥5G等新技术对企业数字化转型的助推作用。

二是企业数字化转型能力建设仍有待加强。一方面,部分企业尚未形成上下统一的数字化转型认识,依赖传统管理和业务模式,恐惧新技术带来的转变,错失发展新机遇。另一方面,对于数字化转型具体路径和方法缺乏了解,不考虑企业个体差异性,照搬成功案例或未进行总体规划,导致数字化重复建设,造成人力和物力资源的浪费。此外,企业数据基础不能充分支撑转型需要,存在数据孤岛,无法完成数据的获取、存储和应用,形成数据合力,发挥数据价值。

三是数字化人才转型和培养机制仍有待完善。企业数字化转型造成巨大的核心技术人员缺口,数字化人才供需不匹配问题凸显,对于复合型人才引进是大部分企业面临的难题。针对数字化人才的培养机制也尚不健全,人才绩效考核和晋升体系等与原有人力资源规划难以有机融合,导致数字化人才发展受阻。此外,传统人才面临转型困境,数字化技术与业务的融合对企业管理和业务人员能力提出了新要求,部分人才亟需技能重建。

四、对策建议

一是加强企业数字化转型科普力度,协助营造有利的外部环境。发挥科协组织优势,联合各级政府加大对企业数字化转型的资源支持,尤其是网络安全方面的资源投入和研发支出,强化政府、企业等相关人员安全保障意识;借助“科普中国”平台提升公民和企业的数字素养,全面宣传数字化转型的战略意义,促进信息交流、提高安全意识,缩小和消除数字鸿沟;

推进企业数字化转型的法治建设，提升政府应对数字经济和企业数字化转型的治理能力，保障企业健康发展；协助推动企业数字化转型中普惠共享设施建设，加强互联网、5G 等新基建建设。

二是依托“科创中国”行动为企业数字化转型提供理论和技术支持。探索设立相关基金，并促进 ICT、信息安全、微电子、数字服务等领域的投资，实现科技与经济的深度融合；通过培养企业数字化转型的技术经理人，加速数字技术、产品和服务创新落地，同时重视生态环保，形成集约型的转型方案；建立关于数字化转型的学会联合体，在 5G、工业互联网、人工智能等技术应用领域形成统一的标准和策略。

三是倡导科学、普惠的企业数字化转型文化，助力传统人才进行能力升级。依托科协各级学会组织，协助企业完成数字化人才转型和培养体系的研究和规划，充分激发数字人才的内在动能，构建业务和数字技术并重的复合型人才梯队；对数字化转型中从岗位上优化下来的人力资源进行技能再培训，使其适应新的工作岗位。

撰稿人：韩彦菲、张昊东、杨宝龙



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 35 期（总第 463 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 6 月 15 日

美国《量子前沿》报告强调八大前沿领域

〔编者按〕 为确保美国的经济繁荣和国家安全，2020 年 10 月，美国白宫国家量子协调办公室（The White House National Quantum Coordination Office）发表《量子前沿》（*Quantum Frontiers*）报告。该报告介绍了量子信息科学研究界对国家量子信息科学战略的看法，描绘了该领域 8 大前沿领域的核心问题。本文对其主要内容进行摘编。

近年来，美国政府采取一系列重大行动，以加强联邦政府对量子信息科学研发的投资，并致力于培养一支发展量子技术所需的人才队伍。2018 年，白宫科学技术政策办公室（OSTP）发布了《量子信息科学国家战略概述》（National Strategic Overview for Quantum Information Science），这是一项旨在争取美国量子信息科学领先地位的国家战略。按照这一战略，特朗普签署了两党的《国家量子计划法案》（National Quantum Initiative Act into law），以增加研发支出，并成

立了国家量子协调办公室（NQCO），以加强联邦政府各部门之间量子政策和投资的协调。

《量子前沿》报告在上述措施的基础上概述了量子信息科学研究界提出的八大量子前沿领域，这些前沿领域涵盖了量子这一新兴领域涉及的核心问题。这八大领域包括：扩大量子技术造福社会的机会，创建量子工程学科，量子技术的靶向目标——材料科学，通过量子模拟探索量子力学原理机制，利用量子信息技术进行精密测量，扩展量子纠缠在新技术中的应用，表征进而缓解量子误差，通过量子信息认识宇宙。上述前沿领域是政府、企业界和学术界应进行探索的重点领域，有助于推动突破性的研发。

前沿之一：扩大量子技术造福社会的机会

信息技术的本质是量子力学，受宇宙本身的规则支配。正是这种认识帮助人类建立了量子信息系统领域。今天，在量子信息系统领域进步的基础上，已经涌现出了利用量子相干、量子纠缠和量子测量的独特量子特性的新技术。当前，为这些技术开发实用的应用，使各学科领域的科学家并最终使大众受益，是量子信息科学家和技术人员研究的重要前沿领域。在这一前沿领域取得进步需要研究的主要方向有两个：一是利用量子技术从根本上可能做到哪些事情，包括量子的实际优势和对经典量子相互作用空间的更深刻得理解；二是尽早让跨学科的量子信息系统研究人员与领域科学家和最终用户合作，共同努力，以发现量子信息系统技术在政府、产业和其他科学领域的潜在应用价值。

前沿之二：创建量子工程学科

量子信息系统和技术的进步带来了引人注目的基于量子门

和模拟量子计算的实验，以及功能和精确度都前所未有的量子传感的实验。但是，在量子控制能力被应用于设计和建造复杂设备之前，仍有许多技术和系统挑战需要克服，对于实际应用中有各种规格和应用限制的产品尤其如此。新兴的量子工程学科有望弥补这一鸿沟，该学科可以提供各种新观点，从设计和集成组件到优化和验证功能，乃至提供有益的理论 and 启发式算法等。如有些公众意见所提出的那样，这些属于当前量子工程的各种概念。在这一前沿领域取得进展的途径包括四个方面：一是了解什么使设计具有可扩展性和实用性；二是整合量子硬件、软件，支持技术开发；三是开发和使用系统级架构；四是开创量子工程这门新学科。

前沿之三：根据量子技术的需要有针对性地推进材料科学的发展

量子信息可以被编码置入不同的物理系统——离子、原子分子，固态材料、超导电路以及光子或声子，每种都有各自的优势和挑战。每个系统中的一致性通常取决于如何制作和控制量子位和互连性。关于物质量子特性的基础知识可以指导高保真量子位系统的设计，以最大程度地降低潜在的噪声和误差。根据工程规范开发和应用新的精确方法来表征和制造这些物理组件，将加快系统开发的进度。该领域取得进展的关键在于以下两个方面：一是利用材料科学来改善器件性能；二是采用新的材料设计、制造和表征方法。

前沿之四：通过量子模拟探索量子力学

工程量子技术可用于有效地模拟和仿真量子系统，以阐明其特性。这方面的努力已经增进了我们对以前的神秘现象的理解，并有可能促使基础科学和应用科学取得惊人的进步。未来

5年内有望出现的量子信息技术，例如噪声中型规模量子(Noisy Intermediate Scale Quantum, NISQ)计算机和模拟量子仿真器，将为通过计算、仿真、实验和其他研究提高对量子系统的理解。为通过量子模拟推动量子力学进展，关键要聚焦以下三个方面：一是利用量子装置改进从多体物理学到化学到材料科学的量子行为的经典仿真方法；二是基于量子模拟展示量子优势；三是NISQ时代的设备开发新的算法，并在存在噪声的情况下探索其性能。

前沿之五：利用量子信息技术进行精密测量

有几种先进的计量技术已经证明了量子控制和量子信息系统相关方法的主要优势，如原子钟、原子干涉仪、磁力计和核磁共振(NMR)成像系统等。在这个前沿领域，有望进一步提高精确度和准确性，开发新的测量方式，改进在现场应用这些技术的方法，并开拓用于精确测量的新应用。有待探索的关键领域包括：更好地理解量子技术在系统精密度和准确度方面的局限性，因为这会影响到在野外部署需要增强导航能力的系统的应用及相关标准是否能实现；原位和体内量子传感的新模式和新应用；利用量子纠缠和小型量子计算机来改进测量技术。

前沿之六：利用量子纠缠探索新应用

量子纠缠的研究进展激发了人们对量子网络的极大兴趣，量子网络可以说是一种量子技术的赋能平台。通过分离模块中纠缠量子位来互连量子设备可能是扩展量子计算机的关键途径。此外，量子信息在空间分离的节点上的分布正在将量子通信的知识域扩展到更大的量子网络领域。在该前沿领域需要探索的领域包括发明用于分布量子纠缠的物理层组件，开发适用于各种量子网络系统的算法、应用、协议和应用案例，并了解如何

将组件和协议集成到系统级别体系结构中。

前沿之七：表征和减少量子误差

量子系统本质上是对环境敏感的，这不可避免地会导致误差，这是一个基本问题，因为不受约束的交互会导致退相干（“退相干”是量子力学的基本数学特性之一）。因此，保持相干叠加和纠缠态足够长以执行有效量子计算，这个前沿领域依赖于了解如何诊断、避免和减少量子误差，应对这种退相干对量子计量学和网络也至关重要。除了材料科学和拓扑保护外，还需要改进控制，包括从量子误差校正到无退相干子空间的探索以及用于容错量子计算的新方法。这个前沿领域涉及的主题包括：对多量子位系统的最佳表征和控制，包括测量、反馈和新颖编码的运用；在容错域中开发和探索新型通用计算方法；使用当前设备来扩展量子位的性能极限。

前沿之八：通过量子信息认识宇宙

量子信息系统是有关宇宙的数学和物理基础的新观点的奇妙源泉。通过探索物理系统可以计算的极限，量子信息系统已经开始改变我们对计算的思维方式，并且有望在新机制下为检验量子力学和其他基础科学理论提供新机会。通过精确的测量方法，量子技术还提供了超越粒子和场的标准模型的探索物理学的新方法。在这个前沿领域，基础的量子信息系统研究可以开启新的科学领域。该领域主要涉及三方面研究主题：一是通过量子计算和量子信息论的视角探索计算和信息的数学基础；二是利用量子信息系统的概念和量子模拟的新应用来探索从暗物质到量子引力等物理理论的局限性；三是利用精确测量和多体量子系统来测试对粒子物理学标准模型的预见，并探索当前模型之外的现象。

(编译：郑玲，责任编辑：苗晶良)

文章来源

[https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2020/10/
QuantumFrontiers.pdf](https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2020/10/QuantumFrontiers.pdf)



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 36 期（总第 464 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 6 月 15 日

关于“科创中国”科技信息资源 整合的几点建议

〔按〕实施服务科技经济融合发展行动、打造“科创中国”服务品牌是中国科协贯彻落实习近平总书记关于统筹推进疫情防控和经济社会发展工作的重要讲话精神的的具体举措。整合各类创新资源，统一集成到“科创中国”平台上，形成品牌合力，推动需求和供给的有效对接，是做实科技经济融合服务的有效途径。本研究集中调研了英美日韩等发达国家科技信息资源开发与应用现状，以打造开放型、枢纽型、平台型科协组织为发展目标，形成报告如下。

**一、国外科技信息资源开放程度高、获取简捷方便，
对企业创新支撑力度大。**

一是发达国家均已建立免费开放的国际化科技信息资源共享平台。以英美日为代表的发达国家的科技信息资源共享

平台均有政府主导、服务公众、面向国际等特点，且平台收录的科技信息时间范围较长，数量颇丰，涉及多个研究领域，提供多种科学数据存储及下载方式。如，美国的国家技术报告图书馆（NTRL）收录了自1900年至2021年多达300万份的馆藏报告，每年新增3万至6万份，涵盖超过350个主题领域，针对可公开披露的报告，用户可在不注册登录的情况下选择PDF和xml两种格式下载并获取全文；日本科技厅开发的科学技术情报发行流通综合系统（J-STAGE）收录了500余万篇的科技文献，其中免费开放可阅读的文章约490万篇，涉及25个学科领域和3269个研究话题，仅需电子邮箱即可快速注册账户下载文献数据，支持PDF、RIS/BIB和TEX/TEXT三种元数据下载方式。

二是科技助力企业创新发展成为国外科技信息资源建设的主要目标。调研发现，发达国家和地区的科技信息资源共享网络已基本连接整个国家和地区的大多数科技情报机构，资源共享范围之广和程度之深极大地促进了国家和地区的社会经济发展。如英美等国在建设科技信息资源共享平台时，服务科创企业发展的目标始终贯穿其中。英国研究门户网站（GtR）在平台介绍中便明确指出平台数据将对创新型企业有很大帮助，企业通过搜索和分析研究信息，可以选定未来研究项目的潜在合作专家和机构，为企业科技创新提供参考路径。美国国家技术情报服务局（NTIS）在其官网介绍中指出，国家技术报告图书馆（NTRL）的数据及科技报告可以为科创企业、非盈利组织机构、非政府组织及学术机构的合作提供机会和资产，是科技信息与

技术交汇创新的桥梁，有助于推动科创企业更快地将创新技术应用与实践，并找到最优的创新解决方案。

二、我国科技信息资源建设现状及存在的问题

一是科技信息资源开放共享配套政策措施不完善。当前，我国已针对科学数据的存储和开放制定了一系列管理规定，如《科学数据管理办法》《国家科技资源共享服务平台管理办法》等对科学数据的汇交、整理和保存进行了规定，并提出坚持“开放为常态，不开放为例外”的基本原则。但面对科研成果数据开放共享的法律法规和相关政策缺失、约束机制不成熟、激励政策不足的局面，将会导致科技创新的源动力供给不足，从源头上牵绊了科技创新的步伐。

二是科技信息资源分散和碎片化问题严重。调研发现，我国现存科技信息资源平台数量大、种类多、质量参差不齐，科技信息资源主体各异、存储结构各异，服务方式、安全保障也存在较大差异。地方及科研院所热衷于建设各类高精尖创新中心、制造业创新中心等研发机构，一味注重科技创新资源“增量”增长，忽略了统筹平台间的相互联系。对公益性科学引文数据库建设的不重视和科技信息资源的版权限制导致科技信息开源数据平台供应链一旦被切断，支撑科技强国发展的开放学术交流体系建设受阻，将对我国基础科学和工业界造成严重影响。

三是科创企业获取科技信息资源成本较高，科技经济融合服务能力不足。科技信息资源具有鲜明的多源性和领域特色，企业作为创新主体，在资源获取中更注重实操。现有科技信息资源平台多采用查询模式匹配资源，单项匹配的搜索结果得到

的信息可利用率较低；多数平台对网络资源的整合还停留在提供链接层次，尚未实现更深层次的资源融通；一些营利性的服务机构（如网络信息平台、科技中介等）通过收集和分析科技资源信息，提供定制化的付费服务，但数据资源利用率低下、创新针对性不强等问题均加大了科创企业获取科技信息资源的成本，增加了科技成果转化的难度。

三、科技信息资源整合建议

一是完善科技信息资源共享相关法律法规。建议推动以全国人大为主体的国家科技信息资源共享最高层次立法，突出政府在科技信息资源共享中的作用。通过法律措施规范科技信息资源共享平台建设及运行，确保资源共享得到贯彻实施，形成具有中国特色的科技信息资源法律法规支持保障体系。

二是建立“政府主导、各级执行、一线监测”的科技信息动态监测与实时评估机制。以政府为主导，各科研院所、高科技企业辅助执行，完成对科技项目立项、审批、投入、产出、评估的全链条式信息管理，实现对技术领域科技活动产生的创新成果的开放获取与应用跟踪；分层布局，分类管理，解决各类科技创新平台建设中“一拥而上”的现状，明确各类科技创新平台的角色定位，避免功能过度重叠。

三是打造要素集成的科学技术服务与交易平台，助力科技经济融合工作。鼓励全国学会和地方科协主动链接“科创中国”平台，系统集成论坛活动、专家讲座、技术培训、知识产权运用和服务产品等资源，为企业科技创新提供多维创新资源获取和交流途径；建设省级中心站、市级分站和学会协作站，强化

业务联结，授权设立一批机构协作站点、创新基地，推动与政府有关部门的知识产权和技术交易平台建设，全面集成科协系统资源，助力科技经济融合发展。

（作者：高洁 武虹 张昊东 韩彦菲）



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 37 期（总第 465 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 6 月 15 日

5G 新基建撬动未来智慧城市建设

〔编者按〕 5G 新基建推动智慧城市行业发展建设。5G 与物联网和人工智能等相关技术的融合，推动着城市经济、政治、社会三个主要方面向智慧化和数字化方向发展。本报告以生态、产业、治理、民生四个方向为出发点，选择了 5G 在智慧城市八大应用场景的创新应用案例加以分析，探讨 5G 背景下智慧城市创新生态面临的挑战与解决之道。

一、5G 助力智慧城市发展

1. 智慧城市的背景

在整个经济社会发展中，战略性新兴产业起着重要的作用，目前，已成为全球关注的热点。智慧城市的建设将有助于推动物联网、云计算等一系列战略性新兴产业的发展，对生态、民生、产业等领域的发展也有明显的推动作用，也可以促进我国内需的增加、产业结构的变化、经济发展方式的转变^[1]。

上世纪末期，全球新型城镇化程度和水平迅猛提升，国家

对城市的规划和管理工作变得更加困难，因此，不同的国家和地区相继开始对智慧城市的建设做出新的规划。从 2014 年起，一些发达国家和地方政府已经纷纷开始致力于建设新型智慧城市，自 2017 年以来，智慧城市的建设和发展已经进入了新的时期，各个国家开始不断探索和拓展建设智慧城市的新领域^[2]。2012 年，政府出台了首个关于智慧城市建设的政策。2014 年，关于智慧城市建设的一些规划和指导意见相继颁布。从 2016 年开始，随着我国“十三五”规划的发布，各地区明确了未来城市建设发展的重点工作是建设智慧城市，同时也出台了相应的鼓励措施，明确了我国智慧城市建设的方向与目标。目前，在“十四五”规划中明确提出了“发展数字经济，推进数字产业化和产业数字化，推动数字经济和实体经济深度融合，打造具有国际竞争力的数字产业集群”的目标，以智慧城市建设为基础，打造“数据”为核心的数字化产业体系。未来，在基于“十四五”规划的政策背景下，我国智慧城市必将走上蓬勃发展之路^[3]。

2. 5G 新基建撬动智慧城市建设

随着物联网终端设备在基础设施中的大量应用，速率低、连接数密度小、时延长等缺陷，使得传统 4G 网络难以支撑未来智慧城市发展建设的需求。发展 5G 网络成为提升城市发展能级、创新产业发展、实现万物互联的共同选择。5G 技术与国家发展、经济增长、产业突破休戚相关，5G 通信标准不仅仅是一项技术标准，而且对我国的产业发展具有重要的战略意义。2G 时代室如悬磬、3G 时代初露头角、4G 时代迎头赶上，5G 时代，我国的目标已经从陪跑者变成领跑者，这将极大地推动我国通信行业和国民经济的发展^[4]。

2014 年，国家 IMT-2020（5G）推进组发布了首个 5G 概念白皮书。相比于 4G 网络，5G 网络将会满足 1000 倍及以上的容量需求、3 倍及以上的频谱效率、10 倍空口时延的提升（表 1）^[5, 6]。3GPP 组织定义了 5G 网络下三个主要的应用场景，包括增强型移动宽带（eMBB）、海量物联网应用（mMTC）和低时延高可靠通信（uRLLC）^[6]。2019 年 3 月，3GPP 组织完成了 R15 标准的制定，部分通信厂商、运营商随即开始投入 5G 网络建设。2020 年 7 月，R16 标准已经冻结，在整个标准的制定过程中，我国主导参与了共 21 个项目，占整个标准的 40%，高居世界榜首。根据工信部日前对政协会议提案的答复显示，5G 等重点领域建设有望被纳入“十四五”规划中^[7]。自 5G 正式商用以来，我国 5G 建设取得了快速发展。截至目前，我国已部署 5G 基站近 70 万个，5G 终端数量突破 1.8 亿^[8]。随着 5G 网络如火如荼地建设，以及与物联网、人工智能等新型信息技术的联合发展，将打破原有桎梏，形成新的智能城市体系。5G 移动网络与物联网、大数据的融合发展，推动了城市智慧化的发展^[9]。5G 低时延、高速率、广连接的特性，将全面推动智慧城市创新和发展。

表 1 5G 全方面超过 4G

指标名称	流量密度	连接数密度	空口时延	移动性	能效	用户体验速率	频谱效率	峰值速率
4G	0.1Gbps/km ²	10 万 /km ²	10ms	350km/h	1 倍	10Mbps	1 倍	1Gbps
5G	10Tbps/km ²	100 万 / km ²	1ms	500km/h	100 倍	0.1–1Gbps	3 倍	20Gbps

二、5G 赋能智慧城市各领域

随着新型信息技术的发展，智慧城市中的应用场景逐渐趋于多样化，涵盖了政务、民生等各个方面。5G 网络的部署可以充分满足各应用场景对于移动网络低时延、高速率、海量连接的要求，为城市建设和治理提供了基础的保障。本文选取了生态、产业、治理和民生的四个领域（表 2），具体分析 5G 如何赋能智慧城市。

表 2 5G 智慧城市落地场景

领域分类	落地领域	典型应用场景举例	所需功能
智慧生态	智慧环保	视频监控、无人机监测、环境监测一张图、污染分析、AI 大数据、云计算	eMBB, mMTC, uRLLC
智慧产业	智能电网	电网实时监控、能源智能分配、电网远程维护、无人机巡逻、机器人巡逻	eMBB, mMTC, uRLLC
	智慧港口	AI 大数据、云计算、远程控制	eMBB, mMTC, uRLLC
	智慧交通	远程驾驶、自动驾驶、高铁娱乐通讯、导航 AR 辅助、智能交通规划	eMBB, mMTC, uRLLC
智慧治理	智慧安防	超清实时监控、机器人巡逻、无人机巡逻	eMBB, mMTC, uRLLC
	智慧社区	超清实时监控、机器人巡逻、AI 大数据、云计算	eMBB, mMTC, uRLLC
智慧民生	智慧教育	沉浸式教学、远程互动教学	eMBB, uRLLC
	智慧医疗	健康数据自动采集、远程手术、远程医疗、超级救护车	eMBB, mMTC, uRLLC

1. 智慧生态：5G 协同建设高效、和谐、健康的人类宜居环境

发展智慧城市离不开智慧生态环境的建设。结合新型信息技术，建立健康、和谐、幸福的人类宜居城市是智慧生态建设的愿景（图 1）。

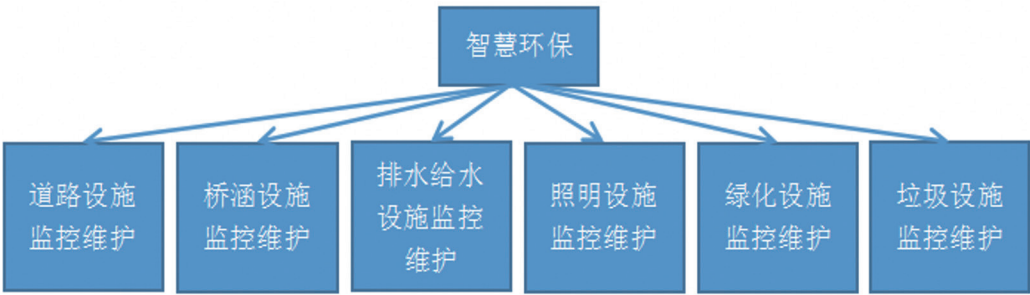


图 1 智慧环保应用

环保问题是我国一项重要且艰巨的问题。据统计，我国有约 1/3 的城市河段水质是劣品，无法进行饮用和灌溉；全国各地的城市居民生活垃圾总体年产量约为 1.4 亿吨，其中只有 10% 能够达到对垃圾进行无害化处理的要求；我国目前约有 1/4 的荒漠化土地^[10]。5G+ 智能环保系统可为大量的环境监测和管理设施人员提供信息数据接入和信息传输的支撑，结合互联网、大数据、云计算等技术，定位污染源、分析污染源的污染原因、拍摄污染源的污染影像与视频，实现了环境、平台和个人之间的实时信息交互。此外，5G + 的智慧环保还能够针对多个城市和地区发生的环保问题提供信息共享服务，起到联防联控的作用。在绍兴，当地政府与中国移动推出了省级“无废城市”信息化平台，针对固体废物的特点，该平台结合了 5G+AI 等技术，大幅度提升了固体废物产生、运输、处理等各个环节的监管效能。自该项目开始实施以来，合理回收医用废物事件至少提升了 15%，违规运输固体废物事件至少下降了 20%。

2. 智慧产业：5G 助力产业现代化

智慧产业通常是指集信息、数字、智能于一体的产业，与传统产业不同的是，智慧型产业将物联网、大数据、云计算等新型信息技术有效地联合起来运用于各个行业和领域。伴随着我国智慧城市体系建设的迅猛推进，智慧产业必将成为城市建设的发动机。5G 与智慧产业融合之后，可以构建开放共赢的 5G 产业，本文特别选取了电网、港口、交通等重点行业的 5G 应用进行案例分析。

（1）智能电网

5G+ 智能电网能从管理、监控、可靠性等方面有效提升电网典型业务，实现电网安全、可靠、经济、高效运行。2019 年在南沙，我国建设了全国最大的 5G 智能电网产业创新示范区，该示范区由南方电网协同中国移动联合打造，据悉，该示范区已经实现变电站巡检机器人、配电自动化等 14 个场景业务。大幅度提升了电网状态实时感知和保护控制能力，通过 5G+ 的配电系统进行自动化应用，强化了输电线路的安全可靠性，压缩了因故障引起的送电时间（从最低小时级减少至 3 分钟以内），下降了 90% 以上，明显提高了配电网的输出和供电质量。此外，该示范区利用 5G 低时延、超可靠的特性，保证了馈线电压合格率可达 99.99% 以上^[11]。

（2）智慧港口

智慧港口作为 5G 落地产业的重点推进领域之一，可以显著降低物流成本、提高物流运输效率。结合 5G 三大应用场景的特点，福建厦门港、宁波舟山港等港口与中国移动联合推进智慧港口实践，已经实现了远程控制、智能运输等多个典型场景的应用。2020 年 11 月，我国在厦门远海码头实施了第一个 5G 智

慧港口项目，该项目实现了集装箱物流各节点的全流程可追溯功能。远海码头的闸口通过时间比之前缩短了将近 1/4（从原来的 90 秒缩短到 26 秒），全流程的物流效率也提高了 20%。据计算，拖车企业每年平均可以有效节约 14862 吨标煤使用，二氧化碳等污染气体的排放量可以至少减少 32232 吨^[12]。2020 年 5 月，宁波舟山港与中国移动等公司达成战略合作协议，联手打造“5G 轮胎式龙门吊远控”等五大核心技术和智慧型应用场景。目前，在舟山港已经开始使用全新的远控轮胎式龙门吊集群，据统计，该技术在实际运行时间内可以减少超过 50% 的设备人力费用和超过 20% 的设备改造费用。此外，在舟山港地区，宁波移动还搭建了 5G+ 北斗基准站，基于 5G 网络下的高精度定位等技术，预计可以有效提升不低于 40% 的港口工作效率、节省至少 50% 的劳务成本^[13]。

（3）智慧交通

智慧交通是在传统交通方式的基础上，结合物联网、云计算等新型信息技术，提供城市交通实况的信息服务。5G+ 车联网是智慧交通中的一个典型应用，在 5G 网络下，车联网技术将更加灵活。日前，在苏州，第一个 5G 无人公交项目已经启动，整条线路全程超过 4 公里，是国内最大的 5G 无人公交项目，此外，当地政府协同中国移动联合开发苏州 5G 车联网项目，支持设备的连接数据量密度远远大于百万数千万级，并发数据量不低于千万级，终端用户规模达到 20 万以上，应用场景达 150 个^[14]。

3. 社会治理：5G 助力社会治理能力现代化

社会治理加速并推动智慧城市建设和发展。2017 年，党的十九大报告提出需要加强社会智能化治理水平，“打造共建共治共享的社会治理格局”。在 5G 网络发展的背景下，智慧安防、

智慧社区、智慧警务是社会治理智能化的具体落地领域。

（1）智慧安防

智慧安防是实现社会治理智能化的重要手段。5G 高带宽助力超高清视频稳定传输，5G 低时延保障远程实时操纵无人机或机器人，5G 广连接构建多元智慧城市安防监控系统。借助 5G 新基建、5G 安防巡检机器人，不仅实现覆盖 800-1000 米长的路段区域，并可持续工作 7-8 小时，还解决 4G 只能满足 720P 低分辨率问题；5G 增强现实（AR）移动警务，利用 5G 的高带宽、低时延特性不足 2 秒便实现 AI 识别，实现执法信息联动；5G 无人机安防，无人机可传输 4K 以上超高清视频图像，实现 360° 无死角巡查^[2]。

（2）智慧社区

智慧社区是 5G 垂直行业的重要领域之一，然而当前我国智慧社区面临着区域发展不平衡、建设运营模式不清晰、智慧应用少且集成化程度低、数据管理能力缺乏、建设标准不统一等问题与挑战，在国家政策的推动下，各省市积极出台并实施因地制宜的智慧社区建设方案和指导标准。进入 5G 商用时期，网络运营商已成为智慧社区标准化发展的重要推动者。以中国移动为例，其以 5G 基础网络建设为出发点，基于 5G、物联网、人工智能和大数据技术积极参与全国的智慧社区建设中，提出五横三纵的整体架构，横向包括基础设施层、网络传输层、平台层、应用层和展示层，纵向包括系统安全体系、系统运维体系、系统运营体系，并打造了 OneZone 智慧社区平台^[15]。该平台聚焦社区安防、防疫、治理、物业、生活服务五大类智慧应用场景，整合了老旧小区智能化改造、5G 新型社区、智慧公租房等三大标准化产品，集成社区基础设施、全场景全业务、社

区综合治理三大核心能力，形成“1个基础平台+5大类应用+3大标准化产品”的产品体系^[15]。在5G新型社区中，面向地产、物业，提供5G VR巡更、5G服务机器人、智慧访客、智慧能源、智慧环境、智慧停车等场景化服务，建设基于5G+AIoT多维度设备感知体系的新型社区，实现社区智慧化管理。

（3）智慧警务

通过5G网络应用，智慧警务可以提升公安应急处理能力受限、运行模式老旧、人工巡逻效率低等问题，打造100%在线治安巡防、360°立体覆盖、多部门协同与快速响应、可视化指挥调度、秒级搜索的全天候、全维度防控体系。2019年8月正值世警会，四川移动在四川成都双流体育中心大会场馆内，开通并实现100% 5G信号覆盖，部署了5G巡逻机器人、天网系统等构建的全方位防控体系。通过智能头盔的5G网络和AR人脸识别技术可以实时获取被查人身份特征，5G微型消防无人机自身携带灭火剂可以完成高层消防、空中侦察^[16]。

4. 民生改善：5G促进民生信息化发展

民生关乎社会长治久安，其中教育和医疗领域较为突出，“5G+智慧医疗”正逐步推行公正、便利、全面的医疗改革，“5G+智慧教育”正大力推进数字、个性、普及的教育改革。

（1）智慧医疗

“5G+智慧医疗”应用场景的逐步展开，将有助于我国加速推进“公平、可及、普惠”的医疗改革，借助5G技术实现远程医疗、户外急救、健康管理、疫情防控等。智慧医疗利用“5G+物联网”帮助医生远程诊疗，不仅改善我国跨省异地就医问题，也为突发状态下应急远程医疗支援提供了基础。例如，2019年3月，中国人民解放军总医院联合中国移动与华为公司，借助

5G 网络和手术机器人实现了专家在海南、患者在北京的远程人体开颅手术（帕金森病“脑起搏器”植入手术）。依赖 5G 网络的高带宽、低时延来保障手术安全与可靠，实现世界首例 5G 远程操控人体开颅手术^[17]。我国在 2020 年抗击新冠疫情的过程中，“5G+ 智慧医疗”助力火神山、雷神山医院 5G 网络建设，首创国内 5G 轻量化、实时化远程会诊系统。中国移动“5G 远程医疗小推车”通过安装具有远程视频和桌面共享功能的云视讯客户端，实现一线医务人员与北京 301 医院的医疗数据共享，完成跨省问诊与治疗^[18]。

（2）智慧教育

我国在校生成群体位列全球之首，但长期面临教育资源供给不均的挑战，5G 的发展为教育供需平衡提供了可能。“5G+ 智慧教育”大力推行数字、个性、普及的教育改革，基于 5G 技术、AR/VR 技术和 4K/8K 能力平台，实现远程互动教学、虚拟现实教育、校园智能管理，促进我国教育资源共享，是实现智慧校园万物智联的支撑和技术手段。例如，教育部在 2019 年 4 月宣布在北京、运城、上海等地设立 8 个创建区，在苏州、青岛设立 2 个培育区组成“国家智慧教育示范区”，逐步开展“示范区+5G 新基建”试点工作，将智慧教育向个性化教育模式转变。在 2020 年新冠疫情的影响下，全国在线教学普及率从 20% 上升至 100%， “5G+ 智慧教育”不仅应对疫情等突发事件保障教学活动正常开展，实现“家校一体”，还能利用技术赋能教育环境和系统，创新教学模式和学习体验。5G 智慧教育在教学、教研、教管和校园治理中落地（表 3），面向全国范围构建智能化、个性化、全面化新型教育模式^[19]。

表 3 5G 智慧教育落地场景

领域分类	落地领域	典型应用场景举例	所需功能
智慧教学	远程互动学习	互动课堂、专递课堂、名校网络课堂	eMBB,uRLLC
	沉浸式教学	全息投影讲堂、AR/VR/MR 课堂	eMBB,uRLLC
	个性化学习	校内外学习，多屏互动、综合素质评价、教学资源智能化推荐	eMBB, mMTC, uRLLC
智慧教研	教师学习	名师课堂、教师督导	eMBB,uRLLC
	教务管理	教务综合管理、教师在线巡考	eMBB, uRLLC
智慧教管	校园安防	智能监控、安消协同	eMBB, mMTC, uRLLC
	校园物联	传感器相关设备数据采集、管理	mMTC
智慧治理	区域决策	利用大数据与政务云区域治理	eMBB, uRLLC

三、智慧城市建设的主要挑战及解决之道

1. 挑战

智慧城市的建设要求将新型信息技术进一步融入到智慧城市建设和发展的过程中，然而智慧应用领域众多，存在的困难和挑战主要有：一是缺乏顶层设计引领，未从自身需求出发寻求解决之道，缺少因地制宜、因城施策的规划方案，与城市特色相背离，导致城市建设失去焦点、存在铺张浪费现象。二是地方政府开展 5G 智慧城市实践缺少实际案例参考和后续应用生

态的支撑，导致智慧城市无法落地。三是 5G 新型智慧城市应对网络安全风险能力薄弱，政府与企业经济合作方式模糊，导致无法有效整合社会各方力量。四是各地智慧城市建设评估标准不一致，不同行业缺乏信息协同和有效管理。

2. 解决之道

（1）统筹规划、顶层设计优先

从 2012 年到 2020 年上半年，国家相关管理部门与全国各省市行政机关分别累计发布了 21 项和 32 项与智慧城市建设的政策性文件。2020 年下半年，十九届五中全会审议推进城市数字化转型，开展以人为本的城镇化建设，明确新型智慧城市建设发展目标。地方政府作为各地区智慧城市的总规划师，需要制定符合自身城市发展和特色的建设方案，明确各阶段建设的内容、方向和评价标准，完善标准体系，协调各方利益，清除智慧城市建设障碍。网络运营商作为 5G 网络新时代智慧城市的关键力量，应联合各方力量聚焦政务、医疗、教育、旅游、制造等热点领域打造丰富场景案例与服务生态，为地方政府开展智慧城市规划提供支撑。

（2）示范应用推动 5G 场景落地与创新

采用与行业特点相适应的发展模式，利用示范效应实现智慧城市试点和推广。创建 5G 应用示范区，首先在长三角、京津冀、粤港澳等 5G 应用基础、经济基础深厚的地区，开展 5G 应用示范区试点，进而推广到全国。此外，构建“城市智慧微单元”，城市微单元间开展差异化建设，根据需求和现状、主要和次要、重点和难点逐步建设 5G 智慧城市。

（3）加强 5G 网络安全建设，保障智慧城市安全运行。

完善 5G 智慧城市的安全保障体系以加强 5G 网络安全，总

体规划并打造智慧城市智能运行中心（IOC）。IOC 不仅针对智慧城市应用落地进行运营管理，也承担智慧城市安全运行中心（SOC）的 5G 网络安全责任。

（4）放开智慧城市运作模式创新

根据各地实际情况和智慧城市不同应用场景，创新设计多种的投资运作模式。项目公司被政府授予智慧城市基础设施项目特许经营权，自主完成工程的投资、融资和建设，期满后交付回政府指定单位。一方面政府无需大量投资，另一方面促进城市建设发展同时实现企业盈利^[2]。

（5）制定规范、统一行业标准

5G 时代下的智慧城市建设，融合城市数据，面向工业、交通、医疗、教育、环境、农业、经济等领域，应由政府牵头，网络运营商和行业组织者联合制定规范、统一的智慧城市行业标准，更好地相互协作以实现价值最大化。

四、结语

伴随着 5G 网络的构建，为智慧城市夯实网络基础。5G 不断助力智慧城市更加成熟，为建设“创新、协调、绿色、开放、共享”的新型智慧城市加挡提速，朝着“5G 改变社会”的目标而前进。

（作者：袁磊 郑植 庞苇 潘睿 兰州大学信息科学与工程学院）

参考文献

- [1] 贾金泽. 中国建设智慧城市的重要意义 [EB/OL]. (2016-09-18) [2020-12-08]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/22493334>.
- [2] 5G 赋能智慧城市白皮书 [EB/OL]. 2020.
- [3] 前瞻小宝. 重磅! 2020 年中国及 31 省市智慧城市最新政策及规划汇总 [EB/OL]. (2020-06-19) [2020-12-08]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/149418390>.
- [4] 5G 标准对中国意味着什么? 关系到国家战略 [EB/OL]. (2018-05-22) [2020-12-08]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/37138945>.
- [5] 5G 概念白皮书 [EB/OL]. IMT-2020(5G) 推进组, 2015.
- [6] 张平, 陶运铮, 张治. 5G 若干关键技术评述 [J]. 通信学报, 2016, 37(7): 15-29.
- [7] 工信部: 考虑到将 5G 等重点领域纳入“十四五”国家专项规划 [EB/OL]. (2020-10-29) [2020-12-08]. <https://www.afzhan.com/news/detail/82568.html>.
- [8] 工信部: 我国已建成 5G 基站近 70 万个 终端连接数超 1.8 亿 [EB/OL]. (2020-11-12) [2020-12-08]. http://www.xinhuanet.com/2020-11/12/c_1126733070.htm
- [9] 5G 赋能智慧城市白皮书 [EB/OL]. 2020.
- [10] 我国环境问题 [EB/OL]. (2013-10-15) [2020-12-08]. <https://www.doc88.com/p-95629324-42896.html>.
- [11] 南方电网推进建设全国最大 5G 智能电网示范区 [EB/OL]. (2020-11-30) [2020-12-08]. https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/ztlz/nybzgzl/gnjnybz/202011/t20201130_1251708_ext.html.
- [12] 5G 全场景应用智慧港口厦门落地 [EB/OL]. (2020-11-12) [2020-12-08]. http://www.mot.gov.cn/jiaotongyaowen/202011/t20201110_3486518.html.

- [13] 宁波智慧港口建设“乘风破浪” [EB/OL]. (2020-08-28) [2020-12-08].
http://www.ningbo.gov.cn/art/2020/8/28/art_1229099769_55701041.html.
- [14] 全球最大“5G+ 高精定位”系统发布 [EB/OL]. (2018-10-23) [2020-12-08]. http://www.subaonet.com/2020/xwzt/xsdxzwxpz/xsdxzwxpz_xzw/1023/37804.shtml.
- [15] 中国移动智慧社区解决方案白皮书 [EB/OL]. 中国移动, 2020.
- [16] 四川移动 5G 智慧警务新应用精彩扮靓世警会 [EB/OL]. (2019-08-14) [2020-12-08]. <http://gzw.sc.gov.cn/scsgzw/c100113/2019/8/14/26f73d100f0e489481c569a191524a00.shtml>.
- [17] 中移动华为助力全国首例 5G 远程人体手术成功 [EB/OL]. (2019-03-16) [2020-12-08]. <https://tech.huanqiu.com/article/9CaKrnKj4I0>.
- [18] 5G 战“疫”！中国移动“5G 远程医疗小推车”在武汉火神山医院应用 [EB/OL]. (2020-02-14) [2020-12-08]. https://www.sohu.com/a/373099129_354877.
- [19] 5G 赋能中国智慧教育 [EB/OL]. 中国移动, 2020 年.



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 38 期（总第 466 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 6 月 15 日

美国物理学会对新总统的科学建议

〔编者按〕2020 年 12 月 14 日，美国物理学会（American Physical Society, APS）向美国当选总统拜登及其团队发送了一封《祝贺拜登当选第 46 任美国总统公开信》（*Congratulations to President Elect Biden on Election 46th President*）。该信从新冠疫情救助、国际合作与安全研究、签证与移民、国内劳动力多样性、减少核威胁、气候变化等六个方面，指出美国面临的与科学研究相关的关键问题，并提议总统任命一名科学技术特别助理。信中敦促拜登政府在上任初期实行积极政策，使美国尽快重返其在科学、技术和创新方面的全球领导地位。本文摘译了该信中提出的 7 项建议。

当前的美国面临着疫情挑战等紧迫问题，这需要由组成美国科学生态系统并推动美国发现和创新的学者、研究机构、国家实验室、科学用户设施和公司共同来应对解决。例如物理学发展的重要性就不可忽视，用于确定新型冠状病毒（SARS-CoV2）

结构的技术和用于检测的逆转录 PCR (RT-PCR) 方法就是基于物理学的发现，而最新的物理学进展也使对癌症和基于基因组的医学至关重要的单细胞基因组测序成为可能。此外，高效的太阳能电池、LED 照明和风能技术中使用的传感器都直接依赖于最新的物理发现。同时，为应对当前的挑战，科学界和政府之间需要建立强有力的伙伴关系。因此，拜登政府应当考虑以下七项旨在加强美国科学事业的政策建议，这些建议大部分与拜登在竞选期间提出的计划一致，便于其在上任之初的 100 天里立即执行，也可以作为其向国会提交初始预算申请的一部分依据。它们的实施将极大改善美国科学事业现状，利于帮助美国摆脱疫情，并为与全球同行竞争与合作做好准备。

建议一：任命一名内阁级的科学技术特别助理

为了帮助政府制定政策，同时改善研发生态系统，科学界和联邦政府之间需要建立强有力的伙伴关系。强烈建议总统在执政初期任命一名内阁级的科学技术特别助理，并完善为美国科学生态系统的政策提供咨询和实施行动的行政部门结构，确保白宫制定政策时有负责任和专业的科技界代表。这些部门包括科学技术政策办公室 (OSTP)、国家科学技术委员会 (NSTC) 和总统科学技术顾问委员会 (PCAST)。

建议二：如《刺激经济研究投资法案》(RISE) 所述，为联邦科学机构在未来的任意 COVID-19 救济立法中，提供至少 260 亿美元的补充资金。

疫情影响了几乎各个领域的研究进程，减少或暂停了许多与 COVID-19 并不相关的研究活动，破坏了 STEM (科学、技术、工程、数学) 人才输送通道。而国际竞争对手们已经在疫情结束后开始采取措施恢复和加强他们的国家研究和教育计划，这

将危及美国科学及其支持人员的未来。联邦政府必须提供必要的支持，以全面恢复美国的研发能力，这对保持美国商务全球领导地位和发展创新型经济都至关重要。

建议三：重申总统指令 NSDD-189，在国家安全与开放科学的研究要求中取得适当平衡。

科学是一项全球性的事业。当前，国际合作对于许多领域的前沿研究推进至关重要。作为这些共享项目的可靠合作伙伴，美国从中受益良多。与此同时，开放的信息交流对基础科学的进步至关重要，对美国科学研究的成功也至关重要。然而，对国家安全的担忧导致越来越多的人想要对美国与国际同行的合作施加重大限制，这些限制可能危及美国在研究和创新方面的领导地位。虽然有些研究领域必须采取控制措施，但研究的开放性以及吸收有才华的外国研究人员的益处，决定了联邦政府不能采取广泛的措施封锁基础研究领域。

为了在国家安全和开放科学的研究要求之间取得平衡，应重申总统指令 NSDD-189。该指令指出，基础研究是指在公开文献中发表的研究，基础研究产品应“尽最大可能”保持不受限制。如果出于国家安全需要，对特定基础研究进行控制，则应该进行分类划分。

建议四：重新成为留学生和学者的首选目的地，确保雇主能够从世界各地招聘到有才华的人。

1. 立即暂停目前正在制定的“为非移民学术学生、交流访问者和外国信息媒体代表设立固定的入学时间和延长逗留程序”的拟议规则。

2. 立即撤销由上届政府实施的临时最终条例（DOL 卷宗编号 ETA-2020-0006），该条例旨在提高特殊专业人员 / 临时工

作签证（H-1B）持有者和以就业为基础的移民的工资，以此使他们的服务在美国劳动力市场上因高昂的价格而被排除在外。

3. 努力扭转上届政府颁布的第 10052 号总统公告对研发人员的不利影响。

4. 制定政策，允许申请 F-1 签证的国际学生在毕业后留在美国，并为他们提供一条获取绿卡的明确方式，让他们能选择留下并工作。

建议五：建立一支更能反映社会多样性的 STEM 科技创新队伍。

在当前所有美国科技工作者中，妇女和少数民族的参与情况虽然有所进步，但仍不能反映出美国人口的多样性。未能利用多样性这个关键竞争优势，损害了美国研发企业的利益，使其丧失了促进创新和生产力的多样化视角。一支多元化、包容性强的 21 世纪 STEM 人才队伍，对于增强美国的经济竞争力和满足社会需求至关重要。

广泛参与大学基础研究对人才多样化有很大影响，然而从历史上看，大多数联邦研究经费只分配给了研究型大学中的一小部分。三分之二的少数族裔学生在校期间很少或根本没有机会从事研究，因此错过了加入量子信息科学、人工智能等新兴产业人才队伍的机会。

有研究揭示，当前的科研环境中存在抑制性别、种族甚至地区多样性的系统性文化问题。虽然，缺乏多样性不能仅归咎于教育或人才发展渠道的不平等，但这确实对创新起到了一定的抑制作用。为了应对这一问题，建议采取如下行动：

1. 立即撤销由上届政府提出的 13950 号行政命令，替换为更具多样性和包容性的培训和教育方案。

2. 制定激励措施，促使顶级研究型大学建立有意义的持久合作伙伴关系，加强新兴研究机构的研究能力，包括少数族裔服务机构 (MSIs)、社区学院和大学 (TCUs)、历史遗留的黑人学院和大学 (HBCUs) 以及服务落后的州中研究活动规模较小的学院和大学。

3. 鼓励联邦科学机构适当调整拨款申请要求，以解决当前疫情对女性研究人员的严重的影响。

建议六：减少核威胁

核武器对全球的威胁仍然严重，且不断恶化。世界军火库仍有大约 10000 枚可操作的核弹头，爆炸威力约为 200000 枚广岛炸弹。尽管核弹头的数量比冷战时期少，但拥有核武器的国家最近采取的行动增加了美国遭受核灾难的风险。退出军备控制条约、网络攻击对核武器的新威胁、核武器国家之间日益复杂的关系和敌对网络、美国和俄罗斯以及中国核力量的大规模现代化，正在引发一场致命的新军备竞赛。为此，应当采取以下有效措施减少核威胁：

1. 将新的《削减战略武器条约》（新裁武条约）延长 5 年。如果不延期，该条约将于 2021 年 2 月 5 日到期，这将是美国和俄罗斯近五十年来首次没有任何核武器限制条约或协议。若美国总统和俄罗斯总统决定延长《新裁武条约》，这将为与俄罗斯以及可能与中国就新的更具威慑力的军备控制安排进行进一步谈判，提供更多的时间和稳定的基础。这也将有助于履行《不扩散核武器条约》（不扩散条约）第六条规定的裁军义务和承诺。

2. 暂停前政府为准备和进行核武器试验而制定的所有计划。美国国家核安全局 2020 财年库存管理计划显示，美国的库

存管理项目在过去 23 年中“允许能源部和国防部在不使用核爆炸试验的情况下向总统证明美国核武器库存的安全、安保和有效性”。

3. 强化美国在遏制核武器全球扩散的领导地位。

建议七：减少温室气体排放量

1. 在适当的联邦科学机构中对基础科学研究进行投资，作为下一届政府应对气候变化计划的核心内容。

为了在 2050 年实现全域净零排放的宏伟目标，能源系统需要取得重大技术进步，而这种进步根植于联邦科学机构所支持的基础研究的科学发现。今天为科学研究提供强劲的投资是开启明天所需的创新技术的关键。

2. 除了开发新的低碳或零碳能源技术外，准确监测和有效遏制当前的温室气体排放也十分重要，其中甲烷是导致气候变化最恶劣的因素之一。当没有足够的运输工具将甲烷从石油或天然气钻井现场运送到商业处理中心时，甲烷就在现场被焚烧。目前，国家监管机构仅依赖石油和天然气生产商自我报告的燃烧甲烷量以及逸出甲烷量进行计算。准确了解与燃烧相关的气体产品的性质，将有助于实施消减这种重要的吸热气体来源的策略，并提供与有毒排放物相关的健康警告。

为此，需要撤销上届政府于 2020 年 9 月 14 日发布的题为“石油和天然气行业：新的、重建的和修改的排放标准审查”的最终条例，并重启奥巴马政府制定的甲烷法规。此外，新政府应该开始一个准确评估甲烷排放的过程，作为控制这种强温室气体排放的手段之一。这应作为国家政策的一部分来实施，从而实现或超过《巴黎气候协定》设定的目标，即到 2025 年使排放量比 2005 年减少 26% 至 28%。

(编译：张弛，孟凡蓉 责任编辑：李谊群)

文章来源

<https://www.aps.org/publications/apsnews/updates/biden.cfm>

<https://aps.org/about/governance/letters/upload/Congratulations-to-President-Elect-Biden-on-Election-46th-President.pdf>

美国物理学会 (American Physical Society, APS) 成立于 1899 年，是世界第二大物理学组织，致力于通过其出色的研究期刊、科学会议以及教育、宣传、倡导和国际活动来促进和传播物理知识，造福人类，推广物理学，服务更广泛的物理应用领域。推动其使命的核心价值观是：科学方法，真理和正直，多样性、包容性和尊重，合作、协作和开放协作，教育和学习。APS 拥有 55,000 多名成员，包括美国和世界各地的学术界、国家实验室和行业的物理学家。



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 39 期（总第 467 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 7 月 20 日

美国智库预测新冠肺炎疫情对未来的影响

〔编者按〕2020 年 7 月，美国知名智库战略与国际问题研究中心发表了题为《新冠肺炎重塑未来》（*Covid-19 Reshapes the Future*）的报告。该报告分析了新冠肺炎疫情对 2050 年前科技经济社会的影响，其中涉及机器人技术、人工智能、生物技术等技术领域，全球化、就业、老龄化、城市化等经济社会领域。这项研究认为，新冠肺炎既是未来经济社会发展的促进剂、刺激因素，也是一场压力测试，其影响大小起伏不定，而且将以不同方式、在不同时间尺度上冲击世界各国及人民。新冠肺炎流行将改变历史，它标志着持续快速变化的时代的开始。本文对其主要内容进行摘编。

一、新冠肺炎疫情对未来技术的影响

指标	近期影响	长远影响
机器人技术	由于公共健康和劳动力短缺使得对机器人技术的兴趣增加。	各个行业（尤其是在卫生、食品和农业领域）机器人对人力的替代速度加快。
增材制造	医疗器件在需要的地方迅速生产。	传统制造工艺（尤其在健康领域）被增材制造技术替代的速度加快。
物联网	物联网的利用程度仍然很高，某些行业报告显示数据流量显著增加。	日常应用当中对物联网的依赖增加，在健康监测和监管方面尤其是这样。
人工智能	人工智能聊天机器人及其他应用被迅速采纳，以满足急剧增加的需求。	与人工智能及数字化技术相关的研发开支增加，推动了相关技术在各个行业被采纳的进度。
生物技术	为研发疗法和疫苗，对合成生物学领域的投资激增。	争夺生物技术领先地位的竞争日益加剧；国家在该领域的投资维持在高水平。

来源：根据报告整理

1. 机器人技术

新冠肺炎疫情可能会加快机器人技术及其他自动化技术的采用。在新冠肺炎疫情发生之前，英国牛津经济研究院的研究曾经预测，到 2030 年全球将有 2000 万个制造业岗位被机器人取代。美国国家经济研究局和 W.E. Upjohn 就业研究所发现，在经济衰退期间，自动化对劳动力的替代作用会达到顶峰，这对低技能工作的影响最大。

在新冠肺炎疫情期间，为减轻病毒传播，机器人已经被广泛用于配送服务、对公共场所进行消毒、协助医务工作者。在医疗保健行业中，疫情正在加速机器人融入医院的日常运营，推动有助于更有效诊断疾病、筛查和患者护理的应用程序的开

发。例如，中国研究人员正在设计新的机器人，利用它们可以远程采集血液样本并进行咽拭子检查。

在杂货业中，机器人已迅速应用于清洁地板、货架，提供“无接触”货物运送替代方案。在零售业中，沃尔玛和亚马逊等公司正以比疫情发生前更快的速度推进机器人配送设施或微配送中心的应用，以应对在线订单的激增。地面和空中机器人在 21 个国家的危机管理中发挥着重要作用，它们提供热图像以帮助识别被感染的公民，执行隔离措施并广播公共服务信息。

2. 增材制造

新冠肺炎疫情危机期间，增材制造（3D 打印）在应对紧迫需求方面显示出了很好的前景，这特别凸显了其在医疗保健行业的价值。随着医疗供应链面临全球中断和适应新出现需求的问题，增材制造在生产必要部件（如解剖结构、呼吸机、假肢和个人防护设备）方面已经显示出很高的敏捷性。随着危机加剧，美国及其他地区的研究人员和企业转向增材制造以解决上述产品短缺问题。荷兰皇家帝斯曼集团（Royal DSM，一家医疗、营养和材料领域的科技公司）推出了 UNITE4COVID 平台，以支持 3D 打印机制造商共同努力，解决产品短缺问题。该平台在世界经济论坛的新冠肺炎疫情行动平台上被重点宣传。美国食品与药物监督管理局（FDA）、美国国立卫生研究院（NIH）和退伍军人事务部与增材制造企业建立了公私合作伙伴关系，以解决设备短缺问题，包括个人防护设备。中国也正在利用增材制造来进行短缺产品的批量生产。

3. 物联网

新冠肺炎疫情期间，包括居家办公的基础设施、VPN 网络以及诸如视频会议之类的协作工具等迅速扩散，使得数字化程

度提高了。不过，物联网（IoT）本身在很大程度上不受新冠肺炎疫情的影响。物联网包括目前世界上 1 万亿个或更多的互联设备，覆盖各行各业，代表了物质世界与数字世界之间的融合。尽管新冠肺炎疫情使得许多社交和商业活动转向线上，但物联网设备仍在运行，并且它们发出的数据量与疫情前不相上下（这已经是物联网使用速度之快的有力证明）。

但是，新冠肺炎疫情对物联网分析的长期影响仍然很明显，尤其是在卫生健康领域。在新冠危机期间对互联网、物联网分析和数字设备依赖越来越多的企业和政府将在疫情过后仍然保持较高的数字化水平。例如，交互式医疗保健中对数字门户的需求不断增长，目前一些在线服务机构声称，远程医疗使用量增加了 500% 至 600%。中高端消费者对远程医疗和虚拟咨询的需求不太可能回到过去低技术时的水平，他们将增加对物联网的依赖。此外，与物联网应用于检测寨卡病毒（Zika）和禽流感病毒（H1N1）等新兴公共卫生危机的方式类似，物联网应用程序已被直接应用于对抗新冠病毒的斗争中，借助全球医疗系统和监控工具（包括迅速发展的消费者可穿戴设备）来分析和共享实时数据，跟踪病毒传播情况。

4. 人工智能

到 2030 年，人工智能在世界经济中有望达到 15.7 万亿美元。有证据表明，新冠肺炎疫情正在加速该领域创新的总体步伐。新冠大流行将加速人工智能在医疗保健领域的应用，人工智能进入医疗保健领域的速度可能比其他任何领域都更快。人工智能已经与机器人技术相结合，以创建能够与物质世界进行交互的自主系统，并被用于预测病毒的传播、监控感染率、进行接触者追踪，以及为经济重启相关政策提供决策依据。新冠

流行还加速了聊天机器人等数字辅助设备的广泛应用：如世界卫生组织（WHO）和美国疾控中心（CDC）网站上的医疗保健应用；银行和电子商务领域提供的电话银行服务 PayPal（可以处理 65% 的客户咨询）；呼叫中心服务行业等。研究人员还利用机器学习来识别病毒类型，从而可以及早发现疾病。

同时，新冠肺炎疫情凸显了人工智能原本就面临的挑战，即距离社会能够用上独立运行的自动化系统还得要几十年时间。有证据表明，由疫情引起的难以解释的人类行为变化，例如恐慌性购买卫生纸和园艺设备购买量的激增，都使人工智能设备大惑不解。这可能会促使开发人员对未来的人工智能设备进行培训，了解过去的危机事件，例如大萧条和全球金融危机，以便更好地预测人类行为。股票市场的剧烈波动，尤其是在 3 月至 4 月期间，可能很大程度上是由于人工智能算法反应过度，因为战略环境变化非常剧烈，以致于它们无法从以前的环境数据中挖掘到任何数据。

5. 生物技术

新冠肺炎疫情可能已经加快了生物技术的世纪进程。生物技术处于应对新冠肺炎疫情的最前沿，它有助于实现在诊断、治疗和疫苗开发方面的快速进步和新方法开发。全球卫生危机恰恰说明，在生物技术领域取得领导地位至关重要，而且生物技术对经济竞争力和国家安全会产生重要影响。人工智能和云计算之类的融合技术也正在进一步加速生物技术领域的发展。其实在新冠肺炎疫情发生之前，就有预测到 2022 年全球合成生物学企业的市值将达到近 200 亿美元。在新冠流行期间，一些致力于研发疫苗的生物技术公司的市值超过了所有预期。合成生物学企业正竞相研发新冠疫苗以及对当前和未来病原体有效

的其他疫苗和药物。生物工程工具加快了疫苗开发的步伐，并且帮助一些企业以比传统方法更快的速度进入人体测试阶段。

二、新冠肺炎疫情对经济的影响

指标	近期影响	长远影响
全球化	发达国家和发展中国家同步发生衰退。	全球经济逐步复苏；全球化进一步倒退。
供应链	对医疗器械和药品的出口进行限制。	供应链分散化和理性化；中美在一些产业脱钩。
劳动力市场	发生近一个世纪以来最严重的全球性同步失业。	经济复苏不均衡会影响最脆弱的工人、公司和产业；新企业创建的障碍加大。
创新	在线商务猛增；数字支付量激增。	数字钱包和影子银行扩散；在线货币的价值增加，并且在全球交易中占较大份额。

来源：根据报告整理

1. 全球化

新冠肺炎疫情给世界经济带来了前所未有的巨大冲击，其影响范围之广和对未来造成的不确定性之大超过了全球金融危机。世界银行 2020 年 6 月的《全球经济展望》描绘了当前和未来世界经济的惨淡景象，预测全球经济将下滑 5.2%，新兴市场、发展中经济体和发达经济体均会受到严重影响。这是至少 60 年来第一次所有国家同时经历衰退，带来一场广泛、深重的全球经济危机。世界各国的经济学家们和各国中央银行预测，由于各国采取了特殊的刺激和稳定经济的措施，因此经济将缓慢复苏。国际货币基金组织经济顾问兼研究部主任吉塔·戈皮纳特（Gita Gopinath）表示，这是“自大萧条以来最严重的经济衰退，比全球金融危机要糟糕得多”。

尽管前景惨淡，几十年来人们一直预测的全球化消亡并未

发生。虽然在新冠流行期间全球连接性和贸易受到沉重打击，但全球化必定会持续下去，而且反弹将比预期的更快。更重要的问题是，全球化将如何变化以及复苏的道路将是什么样？随着很多国家关闭大门并提高关税以保护国内市场，外贸流量急剧下降。

2. 供应链

新冠肺炎疫情最重要的影响可能是国家利益得到强化，在指导市场供应链形成的过程中国家利益取代了自由市场激励措施。从限制商品自由流通供应的角度讲，新冠肺炎疫情可能构成了自 1973 年阿拉伯石油禁运以来最大的国际市场冲击，限制了呼吸机和个人防护设备等医疗用品的自由流通。与此同时，中美之间持续的贸易和出口限制已经导致了供应链紧张态势。持久的国家限制和政府刺激关键行业国内增长的激励措施，可能会导致供应链分散化和区域化，从而导致关键市场的生产地点转移，并日益加剧了亚洲和非亚洲市场之间的分化。

新兴市场的经济也可能受到深远而持久的损害。新兴市场中的主要经济驱动力如石油、旅游业等都受到新冠肺炎疫情的严重不利影响。非洲最大的经济体尼日利亚，石油占出口的 90%，占政府收入的三分之二，政府收入中有三分之二用于偿还债务。国际货币基金组织发现，发达经济体的公共债务增加到 GDP 的 122% 以上，新兴市场的公共债务增加到 GDP 的 62%，发展中国家的公共债务增加到 GDP 的 47%。15 个非洲国家在债务上的支出将大于其抗击新冠肺炎疫情的开支，而黎巴嫩等国已经停止未偿还的欧元债券的支付。阿根廷正面临第 9 次违约停止债务偿还。这些经济危机在未来几年可能导致这些国家或整个区域更大的政治不稳定。由于信贷市场枯竭以及再融资能力

不足，世界其他国家很快也将面临类似的债务挑战。外国直接投资（FDI）几乎全部枯竭。联合国贸易和发展会议预测，今年外国直接投资流量将减少 40% 之多，明年还可能进一步减少 5% 至 10%，并且到 2021 年不太可能开始复苏。

3. 劳动力市场

全球劳动力市场较为混乱。据国际货币基金组织估计，2020 年第二季度，全球可能会减少 3 亿个全职工作岗位。新冠肺炎疫情导致的工作岗位减少在大多数低收入岗位所在的零售、服务和酒店业中最为严峻。

那些最接近贫困线的人受到的经济影响最为严重，因为“实体经济”（即提供有形商品和基本服务）的工作由于隔离和封锁而消失了。长期看，这些人从疫情中恢复将面临很大困难。

4. 交易数字化

在新冠肺炎疫情影响下最重大的经济结构调整是向在线商务的快速转变。人们越来越依赖无现金交易，另外对加密货币的兴趣正在激增。自 3 月 15 日以来，比特币的价值一直在飙升，至 7 月 8 日比特币价格上涨了 75%。得益于微信之类的应用程序，数字钱包的使用激增，从货币转向数字化交易这一趋势将不断得到开发和使用。贝恩公司(Bain and Company)调整了其预测，估计到 2025 年，所有交易价值的 67% 将是数字化的，比新冠肺炎疫情之前的预测提高了 10%。

三、结论

面对疫情挑战，政府、企业、机构和个人将在这场危机中变得更强大。另外，未来不是理所当然地发生的，人们作为或不作为，将会影响到未来。尤其是在当前这个极为不稳定的时期，人们应考虑如何积极设计和塑造我们想要的世界，以避免此类

危机重演。这项研究是一项持续开展的研究，将根据形势变化不断调整和修正，力求准确预测对未来 30 年的影响。

（编译：郑玲，责任编辑：刘雅琦）

文章来源

<https://www.csis.org/analysis/covid-19-reshapes-future>



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 40 期（总第 468 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 7 月 20 日

新冠肺炎疫情下新兴经济体技术创新四大趋势

〔编者按〕2020 年 9 月，世界经济论坛第四次工业革命中心（Centre for the Fourth Industrial Revolution, World Economic Forum）发表《新兴经济体四大技术趋势》（*Here are 4 technology trends from emerging economies*）分析文章，探究了在新冠肺炎疫情影响的情况下新兴经济体的技术发展的趋势。分析认为，新兴经济体正尝试研发新技术，并塑造着世界技术监管的格局。但是对数字技术的利用仍然是极其不平等的。新兴经济体对基础设施和创新的大规模投资对于构建包容性的数字未来至关重要。新冠肺炎疫情的发生凸显了利用第四次工业革命的力量开展国际合作和共同应对全球性挑战的必要性。

自从新冠肺炎疫情发生以来，人们的生活已进一步转向数字领域。对于许多人来说，很难想象如果没有在线学习、在线工作和在线社交，今年的生活会是什么样子。新技术在新冠肺炎疫情蔓延期间挽救了生命，同时也带来了风险，新技术的不平等

利用将加剧贫富差距，随着数字工具的广泛采用，人们对安全和隐私的担忧也日益加剧。

新技术在新兴经济体的发展前景十分光明。新技术为其提供了跳过传统发展阶段并以前所未有的速度传播知识和实现广泛运用的希望。新兴经济体在研发新技术的同时，也在寻找监管这些新技术的替代方法，一些令人鼓舞的观点将对世界其他地区产生重要影响。以下是新兴经济体正在发生的四大数字趋势，这些趋势将会影响全世界，影响未来几代人。

趋势一：大力推进数字基础设施建设

疫情期间，互联网使用量猛增。疫情爆发以来的几个月中，互联网使用增长了 70%，手机 APP 的使用量增长了 300%，视频流服务增长了近 20 倍。不过，当物理空间关闭时，并不是每个人都能顺利切换到数字世界。毕竟，全球只有 53% 的人口可以使用互联网。

如果不加大对基础设施的投资，这种数字鸿沟将继续扩大，欠发达地区有被进一步甩在后面的风险。全球 25 个互联程度最低的国家当中，有 21 个国家位于非洲，接触不到数字技术将会反过来进一步阻碍经济增长。在新兴经济体中，占 GDP40% 至 90% 的中小企业，由于很难迅速实现或根本无法实现其服务的数字化而挣扎。

为弥补这一鸿沟，国际电信联盟（ITU）、世界银行和其他多边和区域机构鼓励在发展中国家进行投资以支持其数字能力建设。世界银行的“数字登月计划”（Digital Moonshot Initiative）是支持数字化能力建设的典型案例。该计划是一项总额为 250 亿美元的基金，用于支持非洲联盟的《2030 年数字化转型议程》（Digital Transformation Agenda 2030），

目标是到 2030 年使非洲的个人、企业和政府实现数字互联。这将使非洲人不仅能够获得互联网提供的服务和机会，还可以通过自己的创新来改变数字空间。



图片来源：世界经济论坛

世界经济论坛《2019 年全球竞争力报告》指出，在第四次工业革命的背景下，各国政府必须更好地预测新技术带来的可能影响，并采取补充性的社会政策对人们给予支持。报告认为，韩国、日本、法国等国家展现出很强的创新能力，中国、印度、巴西等国家的创新能力不断提升。这些国家都必须强化人才基础，更好地发挥劳动力市场的作用。

趋势二：重视用于教育和学习新技能的数字工具

今年，世界各地的中小学和大学都被迫实行在线教学，全球约有 13 亿学龄儿童在线学习，仅中国就有约 2 亿学龄儿童在疫情最严峻的时期进行在线学习。毋庸置疑，这些能够进行在线学习的儿童大多数生活在发达经济体中。而即使在发达经济体中，许多来自较贫穷社区的孩子也由于家里缺少计算机或无法接入互联网而严重影响了他们的学习。

在线学习带来的挑战在新兴经济体中激发出创造性的解决

方案。例如，在尼日利亚，初创企业 uLesson 通过为其预先录制的中学课程提供非流媒体选项，降低高昂的数据成本，弥合数字鸿沟；在拉丁美洲，秘鲁的初创企业 Crehana 提供了面向创意和数字专业人士的按需学习平台。据报道，自疫情发生以来该平台用户数量增长了 40%，它为人们提供免费的每日在线课程，以利于人们在隔离期间学习新技能。

缩小教育鸿沟还意味着要对现有工人进行再培训。有人担心，新技术的利用和自动化程度的增加可能会使人们丢掉工作，从而增加失业率。到 2025 年，预计一半以上的工作任务将由机器执行。但是，必须平衡机器替代劳动导致失业增加的风险与新技术创造的机会，尤其是在新技术可以实现飞跃式发展，提高劳动力整体技能水平并促进本地创新的领域。

趋势三：重视跨越式发展与创新

融合了数字世界和物理世界的第四次工业革命赋予新兴经济体以创造性和非传统的方式研发新技术，这使他们能够跨越传统发展阶段，确定自己首要的创新领域。这些本土创新未来将在区域层面和国际范围内得到广泛运用。

例如，卢旺达开发了世界上最大的民用无人机网络。自 2016 年以来，卢旺达开始使用商业无人机为全国各地包括基础设施匮乏的农村社区以及邻国输送重要药物和输血用的血液。这种策略非常成功，被其他非洲国家广泛用于抗击新冠肺炎疫情；中国京东使用无人机支持中国农村地区的新冠疫情联络追踪和快递服务，也取得了成功；2020 年 4 月，无人机开发商 Matternet 与美国邮政总局合作，在美国率先获批提供无人机处方递送服务。

这些不断涌现的非洲创新模式使得非洲大陆作为具有全球

潜力的本地创意中心的地位不断得到巩固。肯尼亚的移动资金转账服务（M-PESA）是个成功案例，它推动了非洲移动资金使用的浪潮，受到广泛称赞。全世界有越来越多基于电话的服务被用于移动支付、医疗服务等各个领域。

当人们能够接纳差异、个性并具备独特的思考能力时，创新就会蓬勃发展。对于新兴市场而言，要充分发挥研发潜力，还需要更多投资，这是不同区域之间仍然存在巨大差距的原因所在。

2019 年，中国科技初创企业年度总投资达到 2580 亿美元，美国为 1300 亿美元，欧洲为 1220 亿美元，印度为 145 亿美元，整个非洲大陆仅为 13 亿美元。科技创新投资方面的巨大差异将扩大而不是缩小数字鸿沟。

趋势四：推动隐私保护

在数据保护和隐私保护方面，一些新兴经济体正在采取比发达经济体更为谨慎的保护性的措施。他们越来越多地在世界上发出自己的声音，并正在塑造全球监管格局。

中国、欧洲和美国通常被视为世界人工智能（AI）等领域的主要技术创新者，世界其他地区则主要是这些创新技术领域的接受者或消费者。这在一定程度上导致了严重的力量失衡。一些全球性企业正在利用其用户平台来收集数据，以更好地为其 AI 和机器学习项目提供信息支持。

为此，许多新兴经济体对技术治理采取了更为保守的方法。例如，印尼、印度和南非拒绝签署 2019 年在日本大阪二十国集团峰会上发起的旨在制定法规以促进数据的跨境流动的宣言（大阪数字经济宣言）。

新兴经济体起初致力于推动更大范围的数据隐私保护和防

止数据被不合理利用，提倡进行数据本地化，这意味着所有数据，包括跨国公司的数据，都必须保存在数据收集国的服务器上。例如，印度的《个人数据保护法案》草案禁止在印度境外处理印度公民的敏感和关键个人数据。

一些新兴经济体的政府明确表示，监管不应遵循“一刀切”的模式。他们正采取强有力的措施反对少数发达经济体和总部设在其管辖范围内的公司实体垄断世界数据。他们的观点和提议引发了一场有关数字殖民主义危险的讨论，随着这种保守态度和方法日益受到关注，各国越来越要求对收集和管理本国及其公民的信息进行更多的管控。

总体而言，这些趋势显示出新兴技术在帮助我们改善世界状况方面的巨大潜力。新兴经济体不仅是在利用新技术、新产品、新服务追赶更发达的国家，也是利用数字世界作为思想、创造力的源泉，作为其对全球发展做出独特贡献的原材料。无论是通过开发实用的、成本较低的解决方案（例如寄递服务用的无人机），还是通过创新的监管模式来提供更大的隐私保护和数据保护，新兴经济体都是在采用新技术来满足其特定需求和目标。这些创意往往会跨越国界，并激发其他国家的企业家和消费者。

新兴经济体人才和创意的大量涌现进一步表明了国际合作的重要性。技术进步通常以竞争的形式帮助最强大的国家和公司争夺技术领域的主导地位。不过，世界经济论坛指出，要真正利用第四次工业革命的力量，需要更大范围、更深层次的国际合作。疫情期间更加凸显了全球紧密联系背景下国际合作的重要性。

所有国家 / 地区都可以提供一些服务，也都应在国际舞台

上占有一席之地。不仅如此，较富裕的国家还可以从他们认为较不发达的国家那里汲取宝贵的经验教训。如果能够成功地汇集全球共同的智慧、创造力、资源和抱负，就可以真正建立一个有利于所有人的繁荣世界。

（编译：史丽英，责任编辑：贺茂斌）

文章来源

<https://www.weforum.org/agenda/2020/09/here-are-4-technology-trends-from-emerging-economies/>



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 41 期（总第 469 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 7 月 20 日

农业的互联未来：数字技术如何带来新的增长

〔编者按〕 面对全球不断增长的粮食需求和日益恶化的农业生产环境。2020 年 10 月，麦肯锡（McKinsey & Company）发布《农业的互联未来：数字技术如何带来新的增长》（*Agriculture's connected future: How technology can yield new growth*）报告。报告指出，采用数字技术实现农业的互联互通可以提高农业产业的弹性、市场适应能力以及发展的可持续性。互联技术在农作物监测、牲畜监测、建筑和设备管理、无人驾驶农业以及自动耕作等领域的应用不仅可以降低农业生产成本并增加产业的附加值，也可以帮助农户进行高效的管理和决策。农业互联是提高农业生产效率、实现农业可持续发展的极佳途径。本文对其主要内容进行摘编。

在过去的 50 年中，农业产业发生了根本性的变化。工业技术的进步和机械在农业领域的大规模应用提高了农业生产的规模、效率和产量，人类可以更高效地耕种更多土地。此外，育种技术、灌溉条件和肥料生产能力也得到了极大提升，帮助农民提

高了农田的单位面积产量。现在农业正处于另一场革命的初期，其核心在于数据和连接。人工智能、数据分析、传感器和其他新兴技术可以进一步提高产量和灌溉的效率，并推动整个农作物种植业和畜牧业的可持续发展，与此同时，新技术还可以提高农业产业的弹性市场适应能力和农业生态的自我恢复能力。

但是，如果没有稳定和高效的网络通信基础设施，农业就不能实现互联互通和数字化升级。根据麦肯锡的研究，如果在农业中成功实现数字化的互联互通，到 2030 年农业将为全球 GDP 贡献 5000 亿美元的附加值，相比预期的全球农业 GDP 总数增加 7% 至 9%，并将缓解目前各国农业生产者所面临的大部分经济压力。在未来，农业将被先进的互联网技术推动而进行数字化升级改造的七大行业之一，并有可能在未来十年内为全球 GDP 贡献 2 万亿至 3 万亿亿美元的附加值。

在全球粮食需求增加的同时，粮食生产商却难以通过增加耕种面积、提高其他生产要素的投入来提高粮食产量。到 2050 年，世界人口预计达到 97 亿，生产满足全球人口生存所需食物的投入成本还将不断增加。为了养活新增人口，人类不得不增加 70% 的食物产量，到 2030 年，全球供水量将不足用水需求的 40%，不断增长的能源、劳动力和营养成本将严重压缩农业的利润空间。目前全球大约四分之一的耕地已经退化，需要大量的时间进行休耕或者整治才能得到恢复，并再次用于大规模种植农作物。与此同时农业生产还面临环境方面的压力，不断恶化的气候和灾难性天气的频发给农业造成了更多的经济损失；来自社会方面的压力迫使农业生产采用更高的环保标准从而增加了农业的运营成本。越来越多的国家要求在农业生产过程中尽量减少化学药品和水的使用，并改善动物的生存条件。

为了应对这些可能进一步加剧农业动荡的冲击，农业必须通过互联互通的改造来实现数字化转型。然而与全球其他许多行业相比，农业的数字化程度依然较低。农业过去的进步主要得益于机械化的应用与普及，在生产中采用了功能强大、高效率的机械设备，而遗传学的发展则通过提高种子和肥料的性能从而提高产量。现在，农业领域需要采用更先进的数字技术来实现下一次生产力的飞跃。在帮助农民更有效和可持续地利用资源方面，数字化技术已经发挥了重大作用，一些更先进的方法和技术也正在开放当中。这些新技术可以帮助农民通过更好地掌握行业信息来提高决策的科学性，进而更好地应对行业波动并降低经营风险，提高收益；同时数字化技术和物联网设备可以帮助农户更好地掌握牲畜和农作物的生长情况并快速进行反应，从而降低成本并提高效率。

农业的数字化升级面临两个方面的重大难题。一是很多地区缺乏数字化所必需的网络通信基础设施；二是即便有的地区已经连接上了网络，但是老化的设备和技术严重制约了数据处理和传输的速度和效率，阻碍了的新技术和新设备的使用。

新型冠状病毒(COVID-19)的流行进一步加剧了农业在效率、弹性、数字化程度、市场灵活性和可持续性五个方面所面临的挑战。较低的销售量给利润增长带来了压力，增加了农民进一步控制成本的压力。不断萎缩的全球市场和陷入僵局的国际供应链系统使得农业销售过程更加漫长和艰难。与此同时，在全球新冠病毒蔓延过程中，本地供应商的竞争优势得到了体现，小型农场的快速适应能力使他们变得更有竞争优势；劳动力流动的受限使得那些严重依赖劳动力的农场生产受到了严重影响。新冠疫情期间，旅行和消费减少所带来的冲击将会促使消费者

更重视和倾向于选择本土化和能够保证持续供给的供应商，这也要求农业生产商缩短生产周期以满足本土化的需求。

一、目前的农业网络通信水平和数字化程度

近年来，许多农民开始咨询有关土壤、农作物、牲畜和天气变化等与农业生产息息相关的信息，但是没有人能够使用先进的数字工具将这些数据进行处理后转化为有价值的、可操作的策略。在欠发达地区，几乎所有的农业生产都是手工完成的，几乎没有也不需要先进的数字化或者物联网设备与外界进行信息的交换与连接。

即使在美国这样的信息发达国家，目前也只有大约四分之一的农场实现了生产设备、传感器与互联网进行连接。美国过去的传统通信网络设施只支持与有限数量的设备进行连接，并且缺乏实时数据传输的功能。目前，电信公司已经计划拆除这些运行成本高昂且建造复杂的超低频物联网络。高效率和高性能的数据传输网络对于推广和普及更先进的数字化技术是十分重要的，高速的信息传输不仅可以满足许多通用设备的运行，还可以大大提高信息传递的效率。例如：依赖高速信息传输网络的远程监控设备可以实现对农作物和牲畜的实时监控。

在过去，硬件成本高昂，因此缺乏在农业中使用物联网设备的应用案例。如今，设备和硬件成本正在迅速下降，供应商可以为农业的数字化升级提供更加低廉的硬件和设备从而降低投资成本。即便如此，这些物联网即时监控和传输设备还不能完全开发互联互通在农业生产中的全部潜在价值。通过数字化升级与改造，互联互通的数字化设备能够快速收集和反馈农业生产中的各类实时数据，汇总这些实时数据可以让决策者能够充分地分析和挖掘数据的价值并及时作出反馈，从而提高整个

农业的生产效率并降低成本。为了实现农业互联互通的目标，公共部门需要建立低延迟、高带宽、高弹性，并支持低功率广域网络（LPWAN）、5G 和近地球卫星（LEO）等先进设备运行的基础通信设施，为农业的数字化升级提供必要的网络通信条件。

在接下来的十年，现有的网络通信技术将会进一步发展，全新的网络连接技术将会出现。农业的互联互通必须先实现以下两点：一是必须建设网络通信基础设施以满足应用到农业生产中的各类物联网设备信号传输的要求；二是已经有了通信基础设施的地区进行必要的设备升级改造以满足先进通信设备信息传输的要求。令人高兴的是，实现网络覆盖的区域范围不断增加，到 2030 年，我们预计能够满足网络连接需求的通信基础设施将覆盖全球约 80% 的农村地区（非洲除外，非洲仅能覆盖四分之一的农村地区）。

在互联网通信领域，越来越多的高效数字化工具被开发出来并受到人们的普遍欢迎，这进一步推动了互联网和数字化的普及。随着越来越多的人开始使用智能化即时通讯设备，农业领域的数字化设备也得到了进一步的普及并为农业带来新的变革：

1. 大规模的物联网

大范围使用物联网设备是今后农业发展的大趋势。低功耗的网络硬件和便宜的传感器为物联网的大范围应用创造了条件，使诸如农作物精确灌溉、大批量牲畜实时监测、车队运输跟踪和偏远建筑的远程监控成为可能。

2. 关键性的服务

超低延迟和更高连接稳定性的网络能够增强人们推广和适应数字化技术与设备的信心，越来越多的自动化设备和无人机将应用到农业生产中。

3. 覆盖全球的网络通信范围

如果各国的近地球卫星（LEO）能够发挥潜力，那么即便是世界上最偏远的农村地区也能够通过基站与近地球轨道卫星进行实时通信来支持数字化设备的使用与数据的传输，这将提高全球农业生产力。

二、农业的互联互通创造价值的潜力

根据麦肯锡的分析，到 2030 年底，农业的互联互通和数字化升级能够为全球经济贡献超过 5000 亿美元的价值，并且提高全球农业的生产效率，提高 7% 至 9% 的产出。但是，这 5000 亿美元新增价值中的大部分将用于网络通信基础设施的投资。

得益于数字化技术的进步，很多行业已经广泛使用诸如低功率广域网络（LPWAN）、云计算这样的数字化技术，并且随着硬件单价的降低和质量、性能的提高，数字化所需的投资越来越小。我们将从 5 个领域去分析互联互通和数字化升级在农业领域的应用前景，分别是农作物监测、牲畜监测、建筑和设备管理、无人驾驶农业以及自动耕作机械。

互联互通所发挥的价值在大规模的农场中更为明显，因为与小型农场相比，大农场的大型设备和生产规模更容易抵消开发物联网系统所必须投入的固定成本。由于物联网网络特别适用于静态监控大范围内的变量，互联互通和数字化技术可以用于勘测和监控大规模农场广阔的耕地。与畜牧业和肉类、奶制品业相比，大型农场的规模较大，更适宜采用物联网设备对大范围内的农业作业进行实时监测。

应用领域 1：农作物生产监测

互联互通为农业生产中所必要的环境与农作物监测和控制提供必要的技术条件。通过长期对天气、土壤等外部环境数据

与农作物生物数据进行采集、统计和对比分析之后，农民可以更全面地掌握这些数据从而更好地识别和预测环境的变化，加强对农作物生长的管理，并以此为依据制定更加科学合理的灌溉、施肥和其他种植策略，从而提高质量和产量。例如：部署用于监测土壤状况的传感器可以通过低功率广域网络（LPWAN）进行通信，从而指导喷头调整水和养分的施用量；传感器还可以从田野的偏远角落提供图像，帮助农民及时地对环境和作物的实时情况进行跟踪从而做出更明智、更及时的决策，并能对疾病或虫害等问题进行早期预警。智能监控系统长期收集的数据还可以与农业科研机构的数据库相连接，从而进行大数据分析，帮助农民监测农作物的品质特性（例如糖含量和果色），从而把握最好的种植、施肥和收获时间。

当今大多数物联网网络无法支持设备之间的图像传输，更无法实现对图像的自主分析，也无法处理和传输高密度和高容量的数据，这限制了一些高性能设备和技术的使用。提高物联网设备的准确程度和监测范围是未来农业信息化发展的方向。窄带物联网（NB-IoT）和 5G 网络有望解决这些网络的连接带宽和密度问题。到 2030 年，拥有更大功率和带宽网络的普及将促进更先进的物联网监控和传感设备在农业生产和农场管理领域的广泛使用，从而新增 1300 亿到 1750 亿美元的价值。

应用领域 2：畜牧监测

预防大规模流行疾病的爆发对于大规模的畜牧养殖业来说至关重要。现代畜牧业中，大多数动物都采用严格的养育方案，以确保它们可以轻松通过高度自动化的处理系统被饲养。数字化的传感器可以实时监测牲畜的温度、脉搏和血压以及其他生命指标，这不仅可以更早发现疾病从而预防大规模的牲畜群

体感染，并且还能对整个饲养过程进行监控，从而提高牲畜的品质。目前农户已经使用诸如 Smart bow 这样的耳部传感技术来监测奶牛的热量、健康和位置，或者使用 Allflex 等公司提供的技术在疾病暴发时对牲畜进行全面的电子追踪。

同样，环境传感器通过连接到牲畜养殖场的中央通风和供热控制系统可以实现对养殖场环境的自动调节，从而改善牲畜的生存环境来提高牲畜的肉质并达到人们所预期的动物伦理标准。到 2030 年，监测动物健康和生长状况的数字化技术的应用将产生 700 亿至 900 亿美元的价值。

应用领域 3：建筑和设备管理

用于监视和测量筒仓和仓库仓储水平的芯片和传感器可以让农户掌握实时的仓储情况从而保证最经济的仓储数量，降低农民的库存成本。目前，很多美国大型农场已经在使用 Blue Level Technologies 等公司研发的传感技术用于控制谷物和饲料的仓储。类似的技术和设备还可以监视饲料和粮食的仓储情况并自动优化存储条件来加强对谷物仓储的管理。对农业建筑物和设备运行状况的实时监控还可以减少能耗：连接生产设备和维护系统的视觉传感器可以对设备运行情况进行实时监控从而降低维修成本并延长机械和设备的使用寿命。到 2030 年，此类技术可以为农业生产节省 400 亿至 600 亿美元的成本。

应用领域 4：无人机耕种

农业使用无人机已经有大约二十年，过去全世界的农民都使用雅马哈的 RMAX 遥控直升机来替代人力对作物进行喷洒。现在，新一代无人机在技术和性能上已经有了质的飞跃，不仅具备了高效调查广阔地区农作物和牧群的能力，也可以作为中继系统将实时数据传输给与之相连的设备和装置。新一代无人机

还可以使用计算机视觉分析技术对农田作业情况进行分析，并在作物最需要它们的地方提供诸如播撒肥料和杀虫剂这样精确的干预措施。无人机还可以代替劳力和其他设备在偏远地区进行播种和作业，从而降低设备和劳动力成本。通过无人机的应用可以降低成本并提高产量，预计将产生 850 亿美元至 1150 亿美元的价值。

应用领域 5：智能自动化农业机械

更加精确的 GPS 控件与计算机视觉和传感器的配合，可以实现智能自动化机械在农业领域的大范围应用。农民可以在田地上同时操作各种自动化设备，而无需人工干预，从而节省了时间和其他资源。智能自动化机器在现场的工作效率也比人工操作的机器更高并且更精确，这可以提高农药和化肥的播撒精准度从而降低成本并提高产量。到 2030 年，自动化的智能机械的大范围应用可以创造 500 亿至 600 亿美元的额外价值。

应用领域 6：其他价值挖掘

数字化技术为农民增收提供了其他的渠道和空间。全球农业产业高度分散，大部分劳动力由个体农场主进行管理和支配，特别是在亚洲和非洲，很少有农场雇用外部工人。在此类劳动力密集的农场中，进行数字化管理可以更加高效地安排工人的作息时间，将节省出来的时间用于耕种额外的土地或从事其他工作从而为农场主创造更多的收入。

麦肯锡通过研究发现，在这些劳动力密集的农场部署先进的数字化管理系统可以提高劳动效率，由此创造的价值接近 1200 亿美元。到 2030 年，数字化的应用可以帮助农业劳动力产出效率提高，其所创造的总价值将超过 6200 亿美元。但是这很大程度取决于信息化网络的覆盖范围，在非洲以及亚洲和拉丁美洲的

贫困地区，数字化覆盖范围非常低，约为 25%。在那些农业产业分散的地区，要对农业进行互联互通和数字化改造将会非常困难。

三、数字化互联互通对农业生态系统的影响

随着农业的数字化升级，农业将释放更加广阔的发展前景和空间。目前种子、肥料、杀虫剂和自动化设备的供应商在农业生态系统中起着关键作用，并与农户的联系最紧密。例如：世界上最大的肥料分销商正在向农户提供分析施肥、种类、数量和农田分布之间量化关系的软件，帮助农民确定在何处施肥以及施肥量。同时，我们了解到一些大型设备制造商正在开发精确控制系统，计划利用卫星图像、定位系统和车辆之间的精确连接来提高设备在现场的生产效率。

农业技术公司作为新的生态参与者是进入农业领域的另一个例子。他们专门为农民提供创新产品和技术服务，这些公司利用技术和数据来帮助农户更好地进行决策，从而提高产量和利润。这样的农业技术企业可以为农户提供经营解决方案和定价模型，从而改善农户在市场交易中所处的不利地位。例如：农业技术公司为农户量身定制了一种可以降低初始投资并允许农民随时退出行业的订购模型。意大利的一家农业技术公司通过提供按季节、按英亩计算的费用控制模型来监控酿酒厂种植园的灌溉，从而控制经营成本，提高农户收益。

麦肯锡提出，公共部门应该不断改善农村地区网络通信条件来推动农业互联互通的发展。例如：德国和韩国政府通过大力补贴通信行业或向电信公司提供税收减免来推动公共网络的发展，间接地促进了数字化设备在农村的普及和使用。通过网络和信息的普及，农户可以更好地利用数据来为农业生产进行服务从而提高农业生产效率。

四、结论

农业是世界上最古老的产业之一，目前处于技术变革的十字路口。为了成功应对不断增长的人口对食品的需求和一些颠覆性的技术所带来的巨大变革，对农业的数字化改造势在必行。加大对通信网络基础设施的投资力度，加强对原有网络设施的升级改造是实现传统农业向现代农业转型、实现农业互联互通的重要环节，预计需要 5000 亿美元的投资。农业的互联互通和数字化升级对于进一步提高农业生产效率、推动农业的可持续发展具有重大战略意义。

（编译：吴崇，责任编辑：黄诗愉）

文章来源

<https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/agricultures-connected-future-how-technology-can-yield-new-growth>



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 42 期（总第 470 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 7 月 29 日

美国联邦机构科学家^①流失对科学能力的影响——基于 2016—2020 财年的分析

〔编者按〕科学家对于美国许多联邦机构（federal agencies）履行其使命至关重要。联邦机构的科学家们为诸如保持空气和水的清洁、保证食品安全、跟踪疾病的爆发并确保采取有效的应对措施、应对气候变化等紧迫的科学问题提供科学的决策支持。对政府而言，拥有履行科学使命和保护公众所需的科学能力（scientific capacity）是至关重要的。科学家流失不仅对科学研究造成影响，也会减缓解决公共卫生

① 在本研究中，“科学家”（scientists）定义为属于涉及一定程度的科学培训或专业知识的职位系列的任何人，包括但不限于研究、操作、建模、检查和监督以及科学政策。使用 OPM《职业群体和家族手册》第一部分（白领职业群体和职位）的代码和名称来确定这些职位。数据是按财政年度（FY）统计的，而不是按日历年统计的。每个财政年度从 10 月开始：第一季度（Q1）是 10 月至 12 月；第二季度是 1 月至 3 月；第三季度是 4 月至 6 月；第四季度是 7 月至 9 月。调查对四个财政年度的季度进行了平均，得出了每年的科学家人数；美国地质调查局（USGS）的季度由每个季度的最后一个工资期代表。

和安全等关键问题的进程。美国忧思科学家联盟（Union of Concerned Scientists）的报告分析了在特朗普执政期间，科学家在联邦科学机构（science-based federal agencies）之间和内部的流动情况。

特朗普政府以前所未有的规模“攻击”（attack）科学和联邦科学家及其工作。美国忧思科学家联盟记录了特朗普政府时期政治干预科学的 180 多起事件，多项调查显示，这些年联邦政府中科学家的信心（morale）达到了历史最低点。这种模式也损害了美国的科学能力。例如，特朗普政府匆忙将美国农业部经济研究局（Department of Agriculture's Economic Research Service）和国家粮食和农业研究所（National Institute of Food and Agriculture）迁至密苏里州堪萨斯城时，这两个机构损失了 75% 的员工，由此造成的“科学家流失”（brain drain）推迟了数十项关于退伍军人粮食安全、国际贸易市场以及阿片类药物流行对农村社区影响等一系列问题的研究进程。

本报告提供了特朗普执政期间科学家在联邦科学机构之间和内部的流动情况。环境保护局（EPA）等机构流失了大量的科学家，而国家科学基金会（NSF）和国家航空航天局（NASA）等其他机构的科学家数量则有所增加。

为获取分析数据，美国忧思科学家联盟向具有重要科学能力的联邦机构提交了《信息自由法》（FOIA）申请，要求提供过去多年的人员和流失记录。利用收到的数据集，按财政年度和季度结合人事管理办公室（OPM）的职位系列（job series）、职位等级（job grades）等数据分析了人员变动趋势。

一、联邦机构的科学能力

（一）联邦机构科学家人数逐年变化情况

本报告的调查中选取了国家科学基金会（NSF）、国家航空航天局（NASA）、海洋能源管理局（BOEM）、美国地质勘探局（UGS）、渔业和野生动物管理局（FWS）、环境保护局（EPA）和教育服务管理局（IES）等联邦机构，统计其2016年到2020年的科学家人数的逐年变化，以科学家人数衡量科学能力。如图1所示得出以下结论：

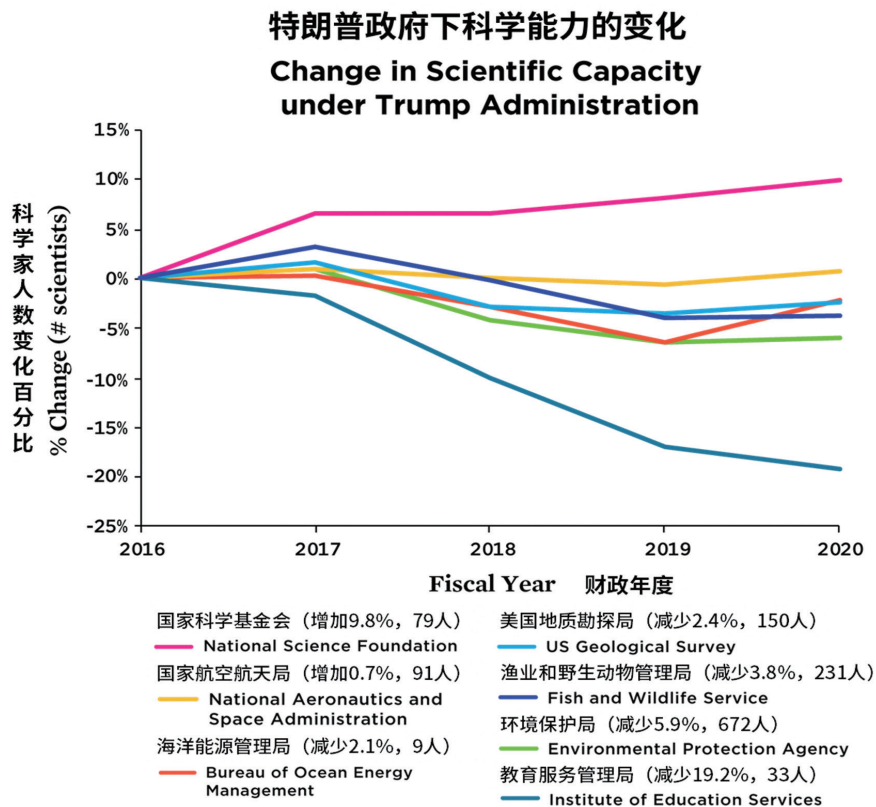


图1 联邦机构科学家数量的逐年变化百分比（2016年—2020年）

1. 环保局的科学家减幅最多，从2016年到2020年维持6%的降幅，2020年比2016年少了670多名科学家。

2. 海洋能源管理局（BOEM）在2016年至2019年期间流失了6%的科学人员（减少了28名科学家），但在去年增加了19

位科学专家。

3. 美国国家科学基金会（NSF）在被调查机构中科学人员增幅最大，科学人员增加了近 10%（增加了 79 名科学家）。

（二）环境保护局 (EPA) 的案例研究

鉴于环境保护局科学家人数减幅最大,科研能力严重流失,本报告对环保局进行了深入的调查,有以下发现:

1. 科学家整体数量的变化

与科学家人数最多的 2007 年第二季度相比,环保局的科学家人数在 2019 年第四季度降至最低水平,流失人数超过 1000 名。在 2016 年至 2020 年期间,平均每年流失约 219 名科学家,如图 2 所示。

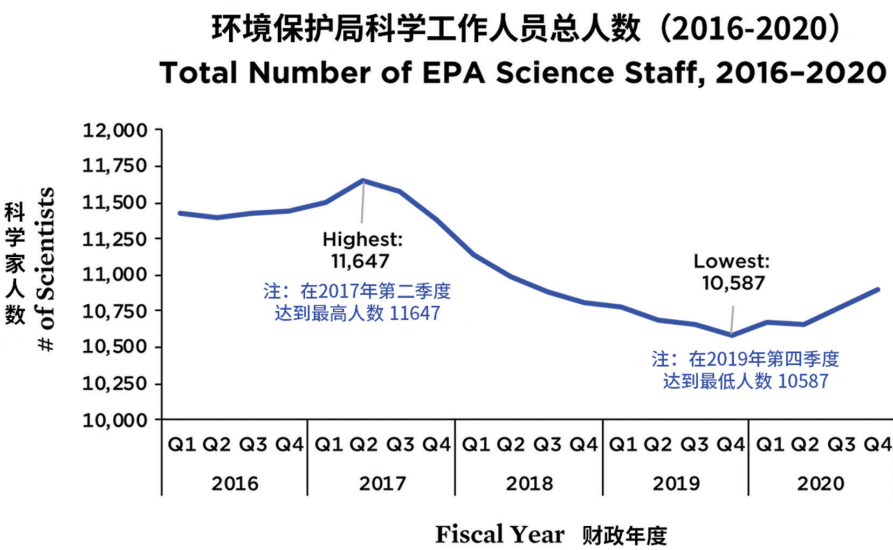


图 2 美国环境保护局的科学工作人员数量（2016 年—2020 年）

2. 不同职位系列科学家流失情况

环保局流失了 500 多名环保专家,减少了 24%。他们的职责包括保护或改善环境质量,控制污染,修复环境损害和确保环境法律和法规的有效执行。

该机构还平均流失了 100 多名环境工程师,减少了 7%。这

些科学家负责规划和设计环境系统，以保证水和空气质量；识别和分析破坏水生和土壤环境的物质或生物；测量、分析和描述空气和水资源。

环保局还流失了部分人数较少的职位系列的科学家，包括 12 名水文学家、22 名地质学家和 18 名统计学家——约分别占每个职位总数的 1/3，以及 18 名微生物学家（约占职位总数的 1/4）和 27 名生态学家（占职位总数的 1/5）。



图 3 2016—2020 年，环保局的许多科学职位流失或增加了 10 多名员工，但整体来说流失了 550 多名环境保护专家，约占职位总数的 1/4。在一般自然资源管理和生物科学领域增加了近 250 个工作岗位，增长 22%。

3. 不同职级的科学家流失情况

2016 年至 2020 年期间，低职级科学家流失的人数多于高职级科学家。GS-14 和 GS-15 级科学家只流失了 3% 到 5%，GS-10 级科学家流失了 35%^②。通常情况下，科学家的经验和培训经历越多，级别越高，因此这些数据可反映出环保局中可以晋升的初级科学家较少。

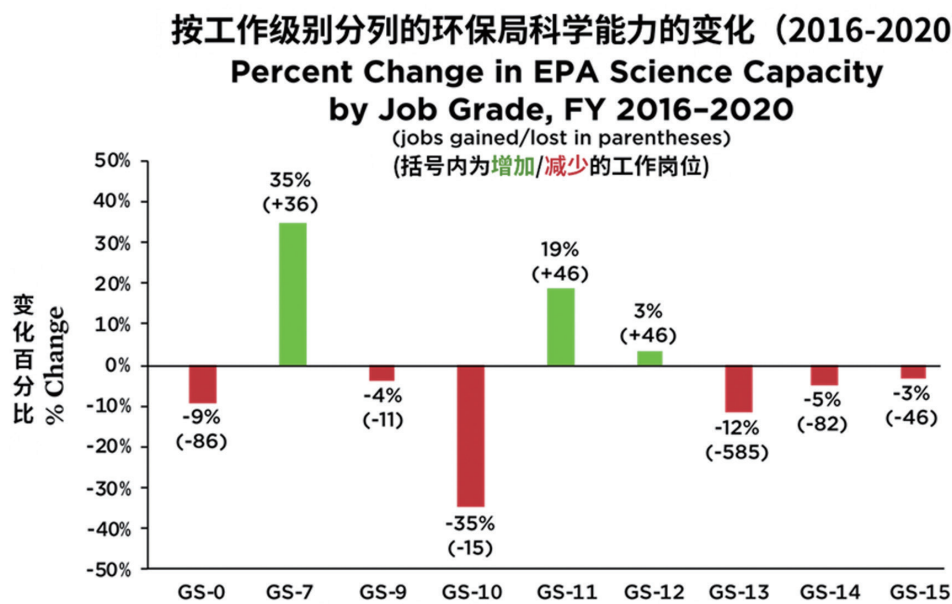


图 4 2016—2020 年环保局各级别职位变化百分比

4. 科学家在规划办公室和区域办事处的流失情况

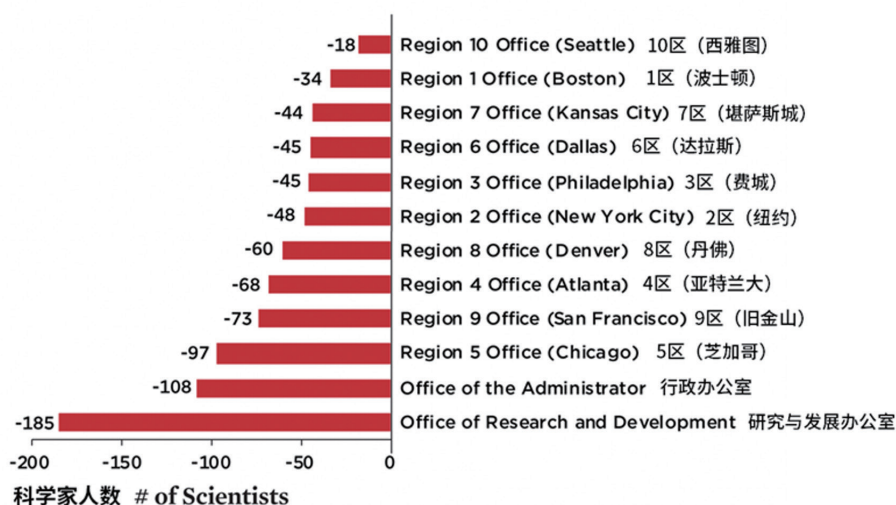
如图 5 所示，在特朗普执政时期，所有区域办事处都存在科学家流失的情况，其中第 2 和第 9 区分别流失了 8% 和 14% 的科研人员，即 84 名和 79 名科学家。

② GS-X 为职级名称，数字越大，职级越高。

人员损失/增加最多的环保局办事处 EPA Offices with Biggest Losses/Gains

a. 流失10人以上的办事处

a. 10 or More Employees Lost



b. 增长10人以上的办事处

b. 10 or More Scientists Gained

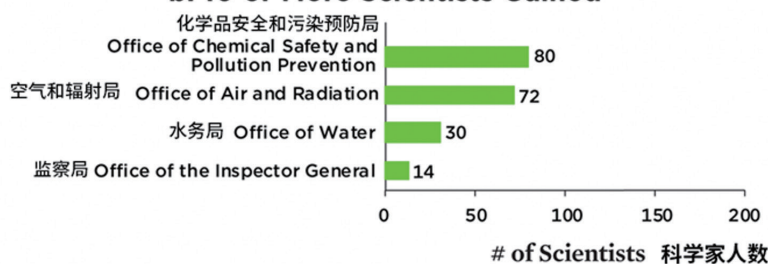


图5 2016—2020年，每个地区办事处和几个规划办公室都流失了10名以上的科学家，其他办事处增加了10名以上的人员。

环保局的研究部门——研究与发展办公室（Office of Research and Development）在2016到2020年间流失了超过12%的科研人员（共185名员工）^③。

③ 被合并或更名的办公室不包括在上述数字中：2016年第四季度，奥巴马政府环保局将固体废物和应急响应办公室（OSWER）更名为土地和应急管理办公室（OLEM）。2018年，行政和资源管理办公室（OARM）和环境信息办公室（OEI）合并为新的任务支持办公室（OMS）。

二、调查显示科学能力降低，科学家信心不足

特朗普政府对科学的“攻击”形成了一种工作环境，在此环境中许多科学家称自己信心不足。政府对科学的公开蔑视可能阻止了科学家在环保局这样的联邦机构中寻求职位，或者影响目前就职于联邦机构的科学家填补部分高职级科学家由于提前退休、买断工龄或招聘冻结等原因释放的空缺职位的动力。

在过去的一年中，可以注意到由于人员离职、退休或招聘冻结而导致机构裁员和此类裁员使代理机构更难以完成其以科学为基础的使命。在所有接受调查的机构中，受访者都强烈表示他们已经注意到人员流失的情况。在接受调查的环境保护局（EPA）的科学家中，超过 90% 认为该机构的人员在过去一年中有所减少；在这些科学家中，超过 40% 的人认为人员流失对 EPA 完成使命造成困难。

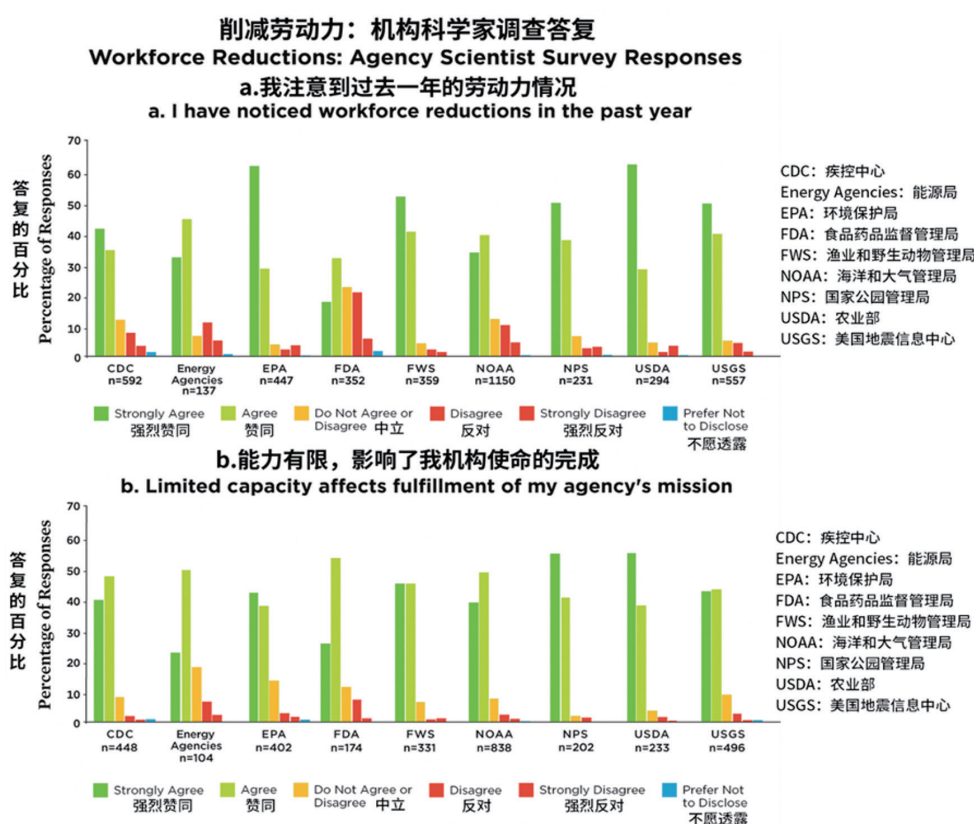


图 6 联邦机构科学家对两项调查结果答复的情况

在2018年针对16个联邦科学机构的科学家进行的调查中，79%的受访者（3266人）表示，2017年由于离职、退休或招聘冻结而出现人员流失（如图6），在这些受访者中，87%（2852）的人表示，这种流失导致其所在机构更难以完成其相关科学任务。

调查结果还显示，在特朗普执政期间科学家的信心和工作满意度都很低。在所有机构中，39%的受访联邦科学家（共1624人）表示，其所在机构的效率在2017年有所下降，46%的受访科学家表示工作满意度总体下降。

三、结论

数据表明，由于科学家流失，美国一些联邦机构（例如环境保护局）的科学能力已遭受重大损失，影响其在保护美国公众健康、公共安全以及环境卫生方面的科学决策使命。拜登政府应迅速开展工作恢复存在科学家流失的联邦机构的科学能力。

同时，拜登政府还应努力建设和加强科学能力，使其超过2017年前的水平。通过努力使联邦机构的科学工作者队伍多样化，重建将处于职业生涯早期的科学家引入联邦机构的渠道。

本报告指出，除了采取措施强化联邦科学的角色和整个政府中的科学诚信之外，政府还应：

建议 1：通过加强科学奖学金计划（scientific fellowship program），增加进入联邦政府的职业生涯早期科学家人数。例如，恢复总统管理奖学金计划中针对 STEM 的特定渠道；考虑在诸如海事资助局、橡树岭科学与教育研究所的联邦资助项目中设置早期职业研究资金关注气候变化和环境公平等问题。

建议 2：增加公众获得关于如何在 USAJobs.gov 上申请联

邦职位的信息和培训的机会。应尽一切努力向在联邦科学职位中历来任职较少的群体提供此类信息。例如，在传统黑人院校（HBCUs）以及部落学院（tribal colleges）举办活动。

建议 3：培训中级和高级科学家，以便有效地指导处于职业生涯早期的工作人员。联邦机构如果已经有这种培训，应继续实施并扩大规模；如果没有，应组织这种培训。

建议 4：在白宫科技预算中确定对联邦研究和发展的优先事项，表明对提高科学能力给予大力支持的态度。

上述建议是加强联邦科学工作队伍的初步步骤，重建科学能力以便各机构能够履行其保护公共卫生和安全的重要使命需要时间。因此，应积极作为，在执政初期将科学家重新聚集到联邦机构，并重点放在人员流失最严重的机构（例如环境保护局），确保政府能科学地保护环境、确保公众安全，并为所有人创造更健康的未来。

（编译：邹思敏 孟凡蓉；责任编辑：宋子阳）

文章来源

<https://www.ucsusa.org/resources/federal-brain-drain#top>

<https://www.ucsusa.org/node/13931>

忧思科学家联盟（The Union of Concerned Scientists）是一个全国性的非营利组织，由麻省理工学院的科学家和学生于 50 多年前创建，其创始人认为科学和循证决策对于解决人类面临的许多重大挑战至关重要。该联盟的使命是：用严谨、独立的科学来解决地球上最紧迫的问题。联盟成员与全国各地的人们一起，将技术分析和有效的宣传结合起来，为健康、安全和可持续的未来创造创新、实用的解决方案。关注内容包括：气候变化并寻求减轻由热量、海平面上升和失控排放的其他后果造成的危害；减少生存威胁核战争；当特殊利益集团在科学上误导公众时，确保提出解决方案，不断促进种族和经济平等。



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 43 期（总第 471 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 7 月 29 日

美国的国际科学合作前景 ——国际科学伙伴关系面临的挑战

〔编者按〕第二次世界大战之后的几十年中，美国展开了广泛的国际科学合作，研发支出长期位于全球之首，随着全球研发投资和国际科学人才数量的增长，美国科学家与国际联合开展的研究也越来越多，如今美国的研发支出却只占到全球研发支出的四分之一左右。美国人文与科学院（The American Academy of Arts and Sciences）在 2018 年至 2020 年间通过与科学家、科学管理者和决策者举办的一系列研讨会，开展了“国际科学伙伴关系面临的挑战”（*Challenges for International Scientific Partnerships, CISP*）合作项目，于 2020 年 12 月发布报告，该报告评估了国际科学合作对美国的重要性和挑战性。CISP 项目明确了美国必须加强对国际科学合作的投资和参与的六个主要因素。新冠疫情的挑战强化了 CISP 研究的主要结论，即国际科学合作对美国和世界带来的益处是巨大且持续增长的，远远超过了潜在风险。但是在认识到与潜在对手和与美国关系紧张

的国家进行科学合作也会带来好处的同时，应当谨慎地管理相应的风险，尤其是对美国国家安全的风险。本文对 CISP 项目报告的主要内容进行摘编。

一、背景

科学基础研究、技术发展和技术创新是经济增长和繁荣的重要动力。美国要继续保持在全球经济、安全和科学的领导地位，就必须开展和投资最先进的科学研究。而此类研究需要更多的科学家和工程师参与，典型的表现就是绝大多数科学出版物都有多位作者。几十年来，国际科学合作一直是美国研发事业的重要组成部分，美国的科学研究越来越多地与国际合作者共同进行。自 2004 年以来，全球国际科学研究合作的数量已增加了两倍，现在，包括韩国、以色列、日本和奥地利在内的许多国家的研发支出占其国民生产总值的比例都超过了美国，而中国经购买力平价调整后的研发支出占比正接近美国的水平。全球研发投资主要流向制造业、化工、制药和信息技术行业，其中电子商务、云服务、医疗设备是研发增长率最高的领域。

随着全球科学投资的增加，国际合作也在增加。从 2000 年到 2015 年，全球由两个或更多国家的作者合作发表科学出版物的比例翻了一番（从 10.7% 增加到 21.3%）。此外，这种国际合作也提升了科学研究的影响力，例如，涉及国际合作者的美国科学出版物在学科加权影响力（FWCI）分析中的排名远远高于所有其他美国科学出版物。

Percent of U.S. Science and Engineering Articles Coauthored with Scientists at International Institutions

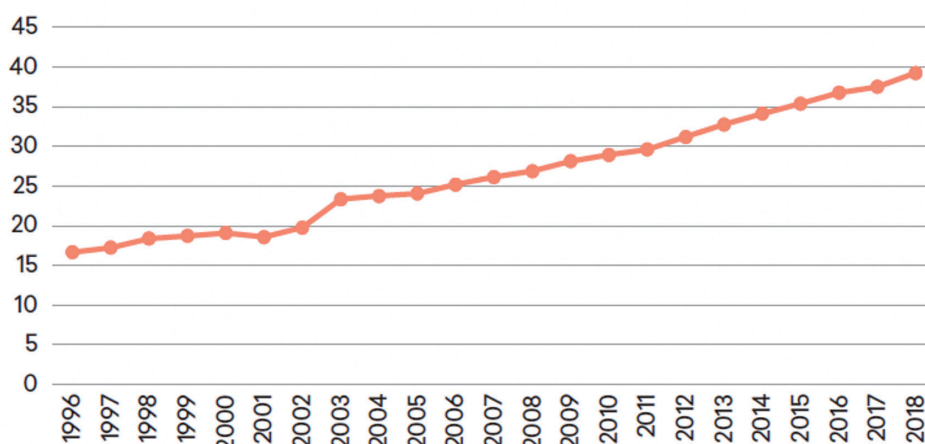


图1 与国际机构科学家合著的美国科学和工程论文的比例

数据来源：国家科学委员会，《出版物产出：美国趋势和国际比较》（弗吉尼亚州亚历山大市：国家科学基金会，2019年）

二、美国加强对国际合作的投资和参与的六个主要因素

美国各学科的科学家人都在为其项目寻找最佳合作者，而这些合作者越来越多地来自国外。为了使美国科学家与世界各地的科学家进行有效合作并且获得最大收益，美国政府必须坚定地致力于促进、支持和加强国际科学伙伴关系。CISP项目总结了美国必须继续加强对国际合作的投资和参与的六个主要因素。

1. 科学的全球性：提高知识水平往往需要国际参与

科学问题，无论是基础性的还是与广泛的社会问题有关的，都超越了国界限制，而且科学进步往往需要不止一个国家的数据和专业知识。

大型科学项目和技术复杂的分布式项目往往需要追求关于宇宙的基本问题。以天文学领域的鲜明例子来说：在美国国家科学基金会（the National Science Foundation, NSF）支持下开发的激光干涉引力波天文台（LIGO），通过来自18个国家的1000名合作者建设LIGO科学合作组织（LSC）来负责LIGO

的科学研究；LIGO 和欧洲天文台 Virgo 合作探测到了两颗中子星碰撞产生的引力波，此次观测被期待了几十年，而两者的国际合作和公开交流是确认星源方向的关键；由美国领导的射电天文学家和计算机科学家组成的国际合作项目完成了一度被认为不可能完成的任务——对黑洞的视界进行成像并首次捕捉到实际黑洞的轮廓。以上三例都说明了探索时空的科学突破只有在持续的国际合作下才有可能实现。

同样，一些科学问题由于本质复杂，需要跨领域和跨地域的专家共同参与研究。研究迁徙物种往往需要形态学、数据科学、环境实地工作和分子生物学等领域的知识，它往往跨越国界，需要多个国家的合作与协作。新型冠状病毒肺炎、埃博拉和寨卡等传染病可能始于一个国家，但会迅速跨越国界传播，这就需要不同国家的研究人员进行合作。而指导美国灾害准备工作的飓风轨迹预测则包含了远至埃塞俄比亚高地的观测数据。

全球合作也加强了基层科学界的同行合作，反之亦然。据估计，全球约有 5000 万人受阿尔茨海默症的困扰，而世界各地的权威研究正在合力加速预防和治愈此病。例如，美国国家卫生研究院通过国家老龄化研究所和 Fogarty 国际研究所制定若干国际倡议，包括全球基因组研究和利用大数据治疗、预防阿尔茨海默症。

国际同行合作往往产生并依赖于各国不同的研究专长。中国在先进材料的开发和改进方面设立了重要项目并在某些方面具有领先地位；美国在这些先进材料的基础实验和理论研究方面具有突出的能力。中国材料合成学家与美国材料物理学家的频繁合作既推进了对量子计算和量子信息等复杂应用的理解，也促进了这些应用的发展。

在上述例子中，美国受益于国际合作以及与其他国家合作收集和分析的全球数据。为了有效推进科学知识和解决世界上最大的挑战，美国科学家必须继续参与国际合作并引进外国人才。

2. 利用国际人才：维持强大的科学、技术、工程和数学（STEM）人力

顶尖科学人才储备日益国际化和流动化。越来越多的国家正在提升其教育能力，并对其研究团体进行投资，有才华的年轻科学家正在追求更多机会，在世界各地的研究机构接受教育。

美国在设施、人才或思想领导方面没有垄断，“自下而上”的研究活动是美国参与国际合作的重要组成部分。由于全世界都在投资培养科学家和发展科学能力，美国必须支持参与国际合作的科学家。

支持多种形式的国际合作对于建立一个强大和包容的科学协作生态系统非常重要，包括支持参加国际研究会议以促进学术组织和机构之间的联系。全球科学人才聚集协作的一个重要例子是“人类细胞图谱”（HCA），该项目致力于生成一张所有人类细胞类型和特性的综合地图，为全球科学界的参与建立一个统一的平台。通过数百名科学家的大规模合作，HCA 能够实现重大的研究突破，包括从人类白血球、骨髓和脐带血中绘制出超过 100 万个免疫细胞。全球研究人员均可以加入 HCA 会员参与数据共享和开放合作；全球的相关科学项目都可以列入 HCA 的项目注册表，从而使不同国际背景下工作的研究人员的信息发布和标准保持一致。

美国公民和永久居民参与国家科学、技术、工程和数学（STEM）人力的数量远不能满足国家的需要，特别是女性和少

数族裔的科学科学与工程 (S&E) 人力开发不足。因此，美国通过大量吸引国际学生、研究人员、工程师和企业家来补充 STEM 人力的不足，以维持其科学领先地位。2017 年，42% 的美国 S&E 教师出生于国外，自 2000 年以来，获得诺贝尔物理学奖、医学奖或化学奖美国人中有 38% 是移民。2018 年，美国估值超过 10 亿美元的创业公司中，55% 是由移民创建的，其中许多人最初是作为科学工程专业 (S&E) 的学生来到美国的。对“接纳移民并欢迎他们进入美国社会”持开放态度，这是美国科学与工程事业在学术界和工业界都取得成功的主要原因之一。

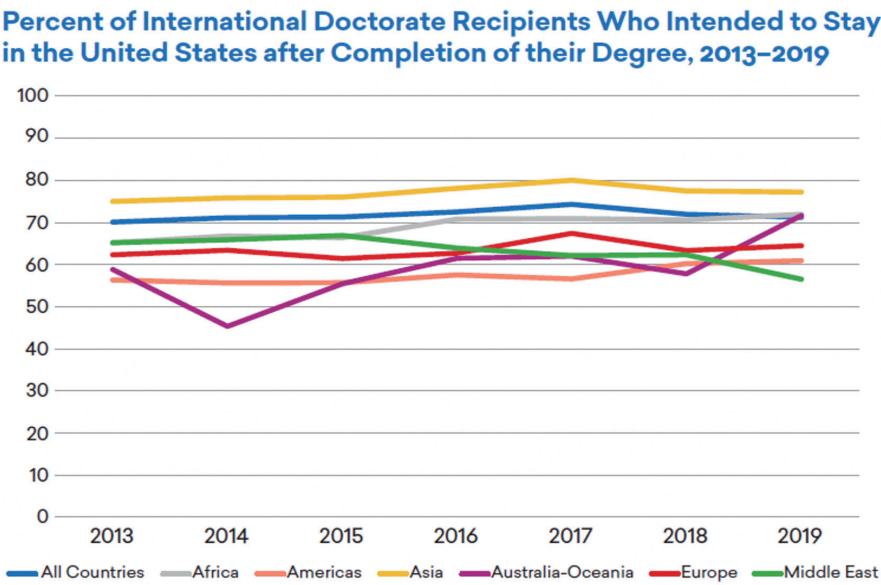


图 2 2013—2019 年在完成博士学位后打算留在美国的国际生比例

注：数据包括科学和工程领域以及人文和教育领域的博士学位。授予临时签证持有者的人文和教育博士学位的数量通常不到总数的 10%。

资料来源：国家科学与工程统计中心，《获得博士学位的调查》，<https://nces.nsf.gov/pubs/nsf21308/data-tables>

3. 保持国家经济竞争力：使美国更加繁荣昌盛

经济学家们普遍认为，基于科技创新的知识进步是发达经济体长期经济增长的主要原因，这一共识长期以来促使民主党和共和党一直支持联邦政府为基础科学研究提供资金。经济增

长源于在几个关键部门的研发投入。

科学研究可以通过提高生活质量来促进美国的繁荣。基础研究和发​​展极大地改善了公众健康，产生了许多疫苗和癌症与心脏病的新疗法。在 1870 年到 1970 年间，美国人的预期寿命从 45 岁增长到 72 岁，主要原因是医学进步。尽管新开发的化肥和杀虫剂的使用对环境和人类健康产生了负面影响，但农业设备技术和生物工程方法使农业产量大幅增加，美国农民和公众都从中受益。在过去的一个世纪里，农业和食品科学方面的国际合作使世界各地数百万人免于饥饿，在未来几十年，粮食安全是全球的主要威胁，在这些领域的持续研究对于支持美国 and 全球的福祉和繁荣至关重要。科学培育了现代电子、癌症放射治疗和互联网等技术创新，如果美国致力于支持包括加强国际科学合作在内的科学努力，改善美国人生活质量的科学进步能产生更大效益。

私营企业通过小企业和大公司开发和销售尖端科学技术直接利用科学研究创造财富。例如，全球生物技术市场预计将以每年 9.9% 的复合增长率增长，到 2024 年随着生物技术公司继续开发临床和其他研究项目其价值将超过 7750 亿美元。

从事研发的跨国公司能够为美国创造大量的就业机会。这些跨国公司是美国私营研发企业的重要组成部分。美国国家科学基金会的研究发现，2010 年美国跨国公司在美国开展的业务研发总额为 1970 亿美元，占美国企业研发总额的 71%，雇用了 78.8 万名美国员工，占美国企业研发人员总数的一半以上。同时，外国跨国公司在美国又雇佣了 15.5 万名研发人员，占美国研发人员总数的 14%。

基础研究是新知识的主要来源，对新技术的发展至关重要。

无论是为了产生新知识还是为了培养一支强大的 STEM 人力队伍，基础研究在很大程度上依赖于美国政府对美国大学研究的支持。越来越多的基础研究在全球范围内进行：1960 年，美国联邦资金占全球研发总额的 45%；到 2016 年，这一比例已降至 10% 以下。在这种情况下，美国企业和美国科学家必须与更广泛的科学界合作，才能跻身世界所有科学领域的领导者之列，从国家和国际科学研究的红利中获得经济利益。

4. 美国国家安全：以知识参与和科学外交加强安全

美国要在未来享有技术领导地位，就必须要有强大的科学事业。这种领导地位再加上强大经济的支持性，才能使美国成为世界上最有能力的军事大国和对外援助的提供者。

科学既有助于技术能力创新，也有助于推动经济的创新。科学也是应对国家安全最具威胁的两种自然灾害（全球大流行病和全球气候变化）的基础。然而，美国的实力地位受到了一些因素的威胁，其中包括其他国家通过不断加大研发总支出而显著提升的科学实力对美国比较优势的削弱，以及其他国家经济实力的提升使其具备了与美国相当的军事能力。美国联邦政府对研发支出的投入不断减少，而州政府对科技人力的公共高等教育支出也在减少，这两个因素都在持续削弱美国未来的科学领导力，从而加剧了这一威胁。

二战后，美国占据科学主导地位，培养了杰出的科学家、工程师和技术人员，同时也吸引了来自世界各地的优秀人才。今时不同往日，要适应与二战后截然不同的环境，需要深思熟虑的政策和领导力。世界上实现技术领先、军事实力增强、应对和减轻破坏性自然灾害的科学突破很可能发生在其他国家，包括一些潜在对手。这些国家有能力培养和吸引一批最优秀的

科技人才。过去半个世纪的经验显示，落后国家在科学和技术上的崛起，能够显著提升其科学地位，并培养出一些未来最优秀的研究人员。

当前至关重要的是，即使认识到缺乏公开性和广泛合作可能会减缓进展，美国也要认真界定那些必须保护的国家机密信息的科技研究领域。研究的地点和人员都应该经过审查。大多数大学并不是进行此类研究的合适场所，国际合作应该得到严格的控制。

在基础研究领域，美国构建强劲稳定的科学技术共同体，以不断产生科技突破，并学习和利用产生在美国以外的科技进展。美国与盟友和对手合作，以应对威胁所有国家的全球性问题。美国将采取强有力的措施，继续吸引全球人才，通过这些手段，基础研究方面的国际科学合作将有助于国家安全，合作往往会产生更高质量的研究，并有助于吸引最优秀的人才。因此，政府应当培育而不是抑制这种合作。在这样做的时候，美国不仅要把目光投向那些目前强大的国家，还要把目光投向南半球的新兴科学伙伴国。

在新的世界格局和形势下，国家安全政策的一个核心组成部分是必须与潜在的对手保持足够的良好关系，以避免发生相互破坏的军事行动。与这些国家的研究人员进行健康的科学合作，包括共同参与大型国际科学设施和项目，有助于建立信任，应予以鼓励。环境恶化、气候变化和大流行病等共同问题需要国际合作，参与这些合作为美国提供了提升全球领导力的机会，并使全人类受益。

5. 筹资现实：成功参与大型科学活动的必要条件

在诸如从根本上了解宇宙、产生新形式的能源或解密亚原

子粒子等领域的研究，依赖于长达数十年规划、耗资数十亿美元的大型科学仪器和设施。在环境和气候科学等其他领域，必须在全球范围内部署和维护先进的感测装置，不仅需要大量的数据存储和分析能力，而且需要各国之间的合作与协调。这些大型项目往往还推动了可应用于其他领域的技术和专门知识的发展，但它们通常需要超出美国单独负担范围外的资金，而且需要长久的支持和承诺。

在 20 世纪初，慈善机构和私人机构是支持美国科学事业重大投资的关键角色。卡内基学会和洛克菲勒基金会为美国望远镜的建造和运行提供了支持，特别是 1904 年和 1928 年在南加州建造的威尔逊山和帕洛玛山天文台。洛克菲勒基金会与杜兰大学、耶鲁大学和约翰－霍普金斯大学等学术机构一起，通过资助医学和传染病研究，并在 1913 年成立了国际卫生司，即世界卫生组织的前身，为建立公共卫生研究领域做出了重大贡献。

1945 年，Vannevar Bush 发表《科学——没有止境的前沿》（Science-The Endless Frontier），提出推动科学进步符合国家利益，值得联邦资助。这一论点直接促成了 1950 年国家科学基金会的成立，政府对科学的资助日益成为美国研究事业的关键。阿塔卡马大毫米 / 亚毫米阵列（ALMA）作为全球望远镜阵列的重要组成部分，在 2019 年拍摄到黑洞的第一张图像，耗资 14 亿美元，其中 4.99 亿美元来自美国国家科学基金会，SLAC 国家加速器实验室的 X 射线自由电子激光器产生的 X 射线脉冲比以前同步加速器的亮度高 10 亿倍，由于美国政府的支持获得成功。首次建设于 2010 年完成，预计耗资 460 美元，2016 年批准的第二次升级将耗资 10 亿美元。这两个大型项目自开工以来，在各自的领域都是至关重要的。

如今，美国科学家所使用的大型科学设施已经变得越来越昂贵，而且通常是由美国政府建造的，在某些情况下，国际合作伙伴和慈善机构也提供了大量捐款。在高能和核物理领域，资本成本已经上升。20 世纪 60 年代 SLAC 国家加速器实验室的建设成本为 1.15 亿美元，2020 年则高达 9.5 亿美元。

大型强子对撞机 (LHC) 是世界上最大且最强大的粒子加速器，2008 年的建设费用为 47.5 亿美元，2020 年约为 67 亿美元。大型强子对撞机的建设由欧洲核研究组织 (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, 简称 CERN) 负责，为了资助这项重大事业，欧洲核研究组织扩大了其供资伙伴，包括美国在内的非欧洲成员。美国有 31 个机构和大学，2100 多个用户在欧洲核子研究组织开展研究，拥有全球最大的用户群体。事实上，美国不太可能独立负担这一复杂高性能仪器的建设 (47.5 亿美元) 或运营成本 (每年 10 亿美元)。这充分说明，通过参与国际合作筹资，而非独立出资或主导，美国和美国科学家得以参与重要领域的国际科学活动。

为推动科学发现和开发尖端技术所需的下一代大型设施，如天基观测站、地基加速器和地基望远镜、先进光源和深海研究，其成本将超过任何一个国家在不与经济或国家安全利益直接挂钩的情况下可能提供的能力。考虑到这些成本，国际合作资助成为最可行的途径。然而，美国不可能在所有这些努力中发挥领导作用。随着国际科学水平的发展，任何项目都可能由其他国家的科学家和政府主导和领导。

国际合作被公认是维持美国在许多领域的优势的一个重要机会，它有效地利用了美国在科学研究方面的财政投资，并与世界各地的科学专家合作。如果没有美国政府对合作的支持和

承诺，未来的美国科学家可能会被排除在一些世界领先的科学项目和相关的技术进步之外，特别是跨国资助者日益推动着国际项目，通过欧盟和国际科学理事会全球资助者论坛等途径。

因此，美国参与这些前沿活动并做好战略准备，以便在国内外新的大规模科学研究能力的筹资、规划、发展和运作方面进行合作。

6. 促进伦理规范和科学准则的发展和应用

科学研究常常产生伦理问题，并承担伦理义务，为全球科学工作制定的规范和准则会产生广泛的影响。为了使美国科学家的观点在制定全球科研伦理框架的过程中得到体现，美国必须积极参与和发起促进制定科研伦理指南的国际论坛。

随着技术的进步，科学工作者面临的伦理问题正变得越来越复杂。引起伦理准则问题的研究和工具包括：快速的基因测序和编辑能力、大型生物库的建立、威胁个人匿名的综合数据集的使用、包括面部识别和预测分析在内的机器学习技术中的偏差、新兴的神经技术（如大脑植入）以及快速发展的网络安全再搜索。随着新技术的发展，确保对被试者和生物样本（如人体细胞和组织）的伦理关怀已变得十分困难。

随着科学发现的增多和技术能力的提高，伦理问题正变得越来越复杂，特别是在考虑到国际社会内的各种伦理文化规范和不断变化的社会背景，如殖民主义或仇外心理的历史。合作者必须制定伙伴关系内部的科学道德行为规范，如样本和数据收集协议、合理归因和权利让与，以及样本所有权和知识产权。

作为一个全球联系的群体，国际科学家共同体有机会也有责任与各个国家的利益和准则相配合，来制定和应用伦理规范。这种方法在过去已经取得了一些成功，例如通过阿西洛马

(Asilomar) 重组 DNA 会议，该会议聚集了来自世界各地的分子生物学家，讨论涉及 DNA 操作的研究的潜在风险，评估其风险等级与适当的生物危害防护等级相匹配，并制定了 DNA 操作的伦理研究准则。阿西洛马会议说明伦理规范和准则的制定如何促进了国际和平与安全，因为美国和其他国家采用了安全准则和建议，以保护他们的人民，同时也促进了科学的发展，对于人工智能等新兴技术的国际治理也正在努力实现类似的目标。

三、挑战：国际科学伙伴关系

虽然国际伙伴关系的好处很多，而且意义重大，但也可能伴随着额外的财政负担和无形成本。直接用于军事用途的保密和两用研究不应作为公开科学进行，出于国家安全考虑，应要求参与研究的科学家为美国公民。

国际科学伙伴关系面临的挑战包括：调和两个或两个以上不协调的规划或供资机制的困难；必须满足多个供资者和政府监督机构的要求；共同决策、管理和控制的复杂性；道德问题；文化差异；对平等和公平的关切，特别是种族和性别方面的关切；灵活性和敏捷性降低；平衡政治和科学利益；公众意识、参与和教育；所有权和数据权利（包括遗传资源和序列）的复杂性增加；对允许分布式研究的安全研究平台的需求日益增加；出口管制的规定。这些挑战需要在前期就得到认识和解决，而国际合作关系所带来的更高的科学回报，需要证明在管理这些复杂问题上所花费的时间是合理的。COVID-19 大流行带来的挑战更加强调了这一需要，医学科学家们通过全球的经验分享了解病毒的传播机理、感染的处理方式及疫苗的开发，共同努力以抵挡 COVID-19。一个密切合作的国际科学界需要确保科学证据和推理公开共享，这是解决例如新冠疫情等全球危机的最有效手段之一。

四、减轻外交关系紧张对科学伙伴关系的影响

美国与中国合作的话题值得特别关注，按购买力平价调整后中国的整体研发经费水平已经接近美国，中国已经充分认识到科技对其经济和国家安全的重要性，并正在积极采取行动。由于中国总体的研发投资和能力的提高，现在与中国研究人员合写的美国科学和工程文章比与任何其他国家的研究人员合写的文章都多。2018 年，在所有美国科学与工程文章中，约有 10% 的文章有中国人合著，而且合著率在过去 25 年中急剧上升（图 3），其中大部分合著是中国研究人员在美国进行博士或博士后研究的成果。这种合作对于解决传染病、气候变化、空气和水污染等全球性问题尤为重要。

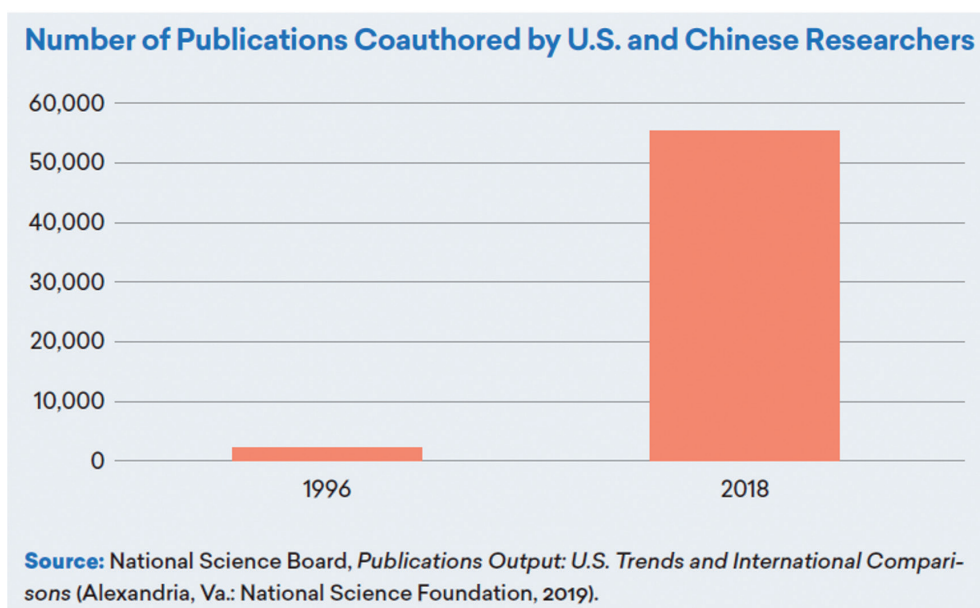


图 3 中美研究人员合作发表的出版物数量

资料来源：国家科学委员会，《出版物产出：美国的趋势和国际比较》(Alexandria, Va.: National Science Foundation, 2019)。

随着中国的科研事业不断壮大、科学能力不断提高并取得重大进展，美国与中国的科研关系也值得关注。为进行世界领先的、可公开发表的基础研究，美国科学家经常需要与中国科

学家合作。美国不能忽视中国作为主要投资者的崛起，中国拥有完善的国家科研创新体系，且取得了举世瞩目的科技成就。

美国情报界声称中国学者以不正当手段获得美国的知识产权和研究思路，且部分美国科学家未提交与中国合作的必要性报告。例如，美国国立卫生研究院报告说，在 154 起违反保密规定的事件中，发现了 9 起违反同行评议保密规定的事件，其余的都没有按规定进行披露。据估计，目前有 5 万名来自中国的博士水平科学家和工程师居住在美国，其中生物医学博士的数量在 1 万人左右。

国会和行政部门的一些人提出严格限制中美科学家和工程师在“战略”研究领域的合作，以及限制美国高等教育机构对中国公民的教育。例如，在 2018 年 12 月的一份备忘录中，能源部副部长宣布，能源部将制定一个科技风险矩阵，以提供“关于禁止与特定敏感国家进行合作领域的明确指导”，能源部国家实验室将被禁止在科技风险矩阵确定的特定领域进行国际研究合作。能源部的拨款、研究经费和中心的接受者将被禁止使用美国经费进行国际研究合作，或在这些领域支持敏感国家的外国公民。到目前为止，能源部在实施这一做法时表现得很谨慎。

能源部的备忘录和政府公告有可能对国家的科研、经济和国家安全造成相当大的伤害。来自中国的学生在美国大学从事工程、物理和信息技术研究学习的学生中占了相当大的比例。例如，在 2000 年至 2017 年期间，他们获得了所有科学和工程博士学位的 32%，工程博士学位的 34%，如果他们不能参与大学在战略研究领域的研究，美国在 5G、人工智能、生物技术和材料科学等重点领域的研究步伐将被大大放慢。这种影响将在未

来数年内更加明显，因为大多数中国学生目前仍留在美国，他们是美国永久科技劳动力的重要组成部分（图 4A 和图 4B），他们经常创办大型公司并提供工作岗位。阻止与中国同事在这些领域的合作也有可能减缓美国的研究，材料科学领域就是如此，因为在该领域一些所需的高质量先进材料在美国国内无法获得。

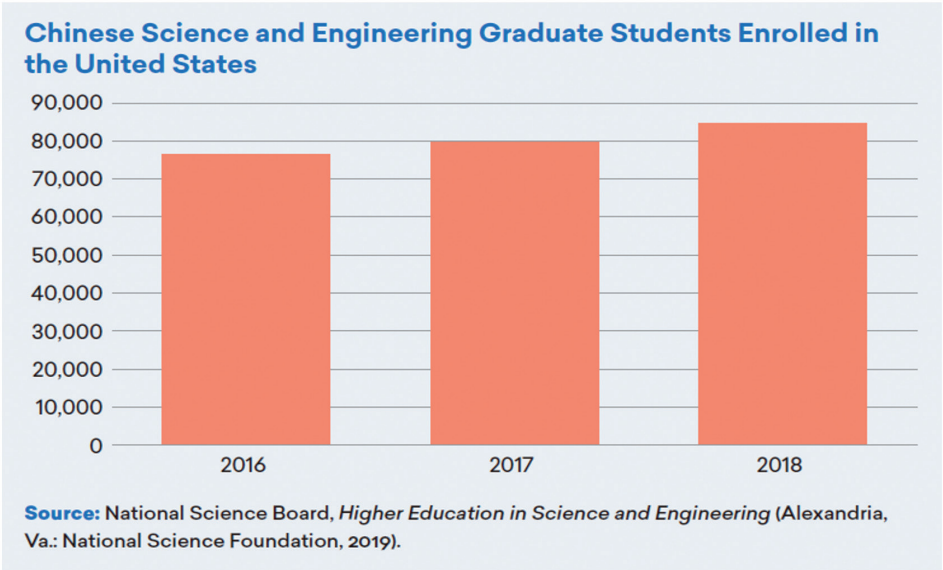


图 4A 前往美国深造研究生的中国理工科毕业生（2016–2018）

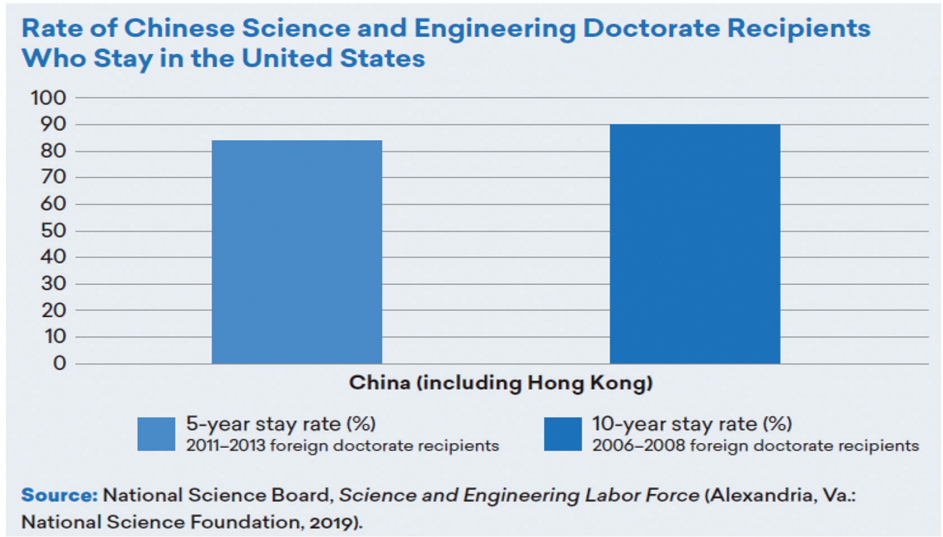


图 4B 在美国获得博士学位的中国人留在美国的比率

资料来源：国家科学委员会，《科学与工程高等教育》（亚历山大，弗吉尼亚州：国家科学基金会，2019）。（Alexandria, Va.: National Science Foundation, 2019）

因此，美国进退维谷。与中国科学家的合作和对中国学生的教育极大地推动了美国科技的发展。在美国获得博士学位的学生中，约有 20% 的人回到中国，为中国的经济和军事发展做出了重要贡献；而选择留在美国的约 80% 的人，在 2000 年至 2017 年期间约占美国博士学位获得者的四分之一，为美国的研究事业做出了重要贡献，促进了美国的经济、公众健康和国家安全。权衡之下，继续接收来自中国的研究生似乎是最明智的做法。此外，随着中国科学界的不断发展和壮大，美国科学界与中国科学界保持接触是非常重要的。

本报告就美国国家政策和机构行动提出建议，以应对学术界和其他一些从事基础性、可公开发表研究的科研机构所面临的情况。

建议 1：应当严格遵守美国关于研究分类的政策。即由里根总统颁布、国务卿赖斯再次确认的《国家安全决定指令》(NSDD) 189 号。NSDD189 号表示，对基础研究不应施加任何限制，如果需要施加限制，则应该对研究进行分类（国家安全需要控制的领域，联邦政府资助的科学、技术和工程相关的基础研究产出的信息控制机制需要被保密）。NSDD189 号在确保其他研究受到完善的安全程序保护的同时，也为基础研究提供了开放的好处。政府资助的大学研究不应使用“敏感但未分类”这样的描述。

建议 2：分类应保留与国家安全直接相关的研究。

建议 3：在促进全球健康和福祉的迫切领域，如传染病、气候变化、空气和水污染等，应特别鼓励合作。

建议 4：美国的签证政策和做法应该鼓励中国公民和其他外国公民在美国学习，并在完成学业后继续居住在美国，以促进美国的研究事业。然而，对于那些被确定为对国家安全构成不

可接受的风险的人来说，有必要适当设置入境和留学的签证限制。

建议 5: 美国大学应确保严格遵守他们的利益冲突、承诺冲突和必要的报告制度，这些机构应该确保这些制度是明确的，以便教职员工充分了解。政府的相关政策也应如此。

建议 6: 美国科学界各领域的领导人，包括专业学会，应该与他们的中国同仁保持交流，讨论普遍认同的规范、道德义务和标准做法，以指导中美科学家在基础研究领域的科学合作行为。

五、结论

1. 扩大和支持国际科学合作

对涉及联邦支持研究的国际合作的任何限制都应该有充分的理由，并仔细严格地界定。美国参与国际科学合作应与建立强大的、多样化的、包容性的国内 STEM 事业二者齐头并进，包括发展来自妇女和少数群体的国内人才。获取国际人才资源并不能替代发展国内人数不足群体的基础研究者。获得国际人才资源意味着对发展包括代表性不足的群体在内的国内基础研究人员的替代者。

国际科学参与能够促进经济繁荣，改善个人健康和福祉，并维护国家安全。它使美国科学家能够致力于解决全球挑战，为其提供与关键合作者接触的机会，并能吸引有才华的国际学生和博士后研究人员。

美国的研发事业在跨国筹集资金，促进美国的外交利益，并使美国科学家在有关道德规范和最佳实践的“国际决策桌”上发挥关键作用。虽然国际合作带来的独特挑战需要审慎考虑，但这样做的好处往往远远超过了成本。

2. 积极参与大型国际科学合作项目

展望未来,有几项大规模的科学活动必然会涉及国际合作,其中一些将在美国以外进行。本报告中的例子充分说明了大型设施对跨学科科学交流的价值,美国将越来越难以单独为这些设施提供资金。

3. 积极与世界各地的新兴科学伙伴开展科学研究

随着科学人才日益全球化,世界上许多最紧迫的问题并不以国界来界定。所有国家的科研人员,包括投资于其科技企业的新兴科学伙伴国,都是美国科学家的重要合作者。这些合作关系也可以为美国的外交做出关键性的贡献。尽管存在挑战,但国际科学合作伙伴关系对今天和未来的美国科学事业来说是至关重要的,美国应在适当的科学领域努力在各个层面和各个阶段建立和支持这种合作。

(编译:邹思敏 李琳 孟凡蓉;责任编辑:宋子阳)

文章来源

<https://www.amacad.org/publication/international-science>

美国人文与科学院（American Academy of Arts and Sciences, AAAS），又译为美国艺术与科学院、美国文理科学院，是美国历史最悠久的院士机构及地位最为崇高的荣誉团体之一，也是进行独立政策研究的学术中心。自从约翰·亚当斯、约翰·汉考克、詹姆斯·鲍登及其他的建国先贤于独立战争期间创立美国艺术与科学院以来，当选为其院士一直被认为是美国的最高荣誉之一。美国艺术与科学院负有双重职能：从科学、人文、商业、政治、艺术等领域选举每个世代最优秀的学者及最具影响力的领袖成为其院士，以及针对社会的需要进行政策研究。其主要研究计划聚焦于高等教育与科研、人文与文化研究、科学与技术进展、美国政治、人口与环境、儿童福利等。



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 44 期（总第 472 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 7 月 29 日

科创中国试点城市建设系列——德阳市开展 “科创中国”建设的几点思考

〔按〕目前，德阳市已入选第二批“科创中国”试点城市，中国科协组织队伍开展了相关调研，结合“科创中国”一年多来的建设经验和德阳市的产业特点，从需求聚焦、协作模式、科协特长、组织建设等方面提出德阳市开展“科创中国”工作的相关建议，以期为我国众多传统制造业城市的转型发展提供相关决策参考。

一、德阳市申报“科创中国”试点的基本情况

2021 年 5 月，中国科协第十次全国代表大会闭幕式上发布了中国科协第二批“科创中国”试点城市（园区）名单，包括德阳市在内的 39 个试点城市（园区）成功入选，分布范围涵盖全国 31 个省份。德阳市地处四川成都平原腹心地带和成渝经济圈重要节点，因国家两次工业区建设和“三线建设”重点布局而设市，下辖六个区（市、县）和德阳经开区、高新区，人口

387 万。2020 年，德阳市地区生产总值（GDP）2404.1 亿元，排名全省第三。德阳市被誉为“中国重装之都”，属于传统老工业城市，科创基础扎实、产业基础较好，转型发展需求大，具备开展“科创中国”建设有利条件。研发经费投入占比全省第二，高新技术企业 261 家，国家重点实验室 6 家，企业技术中心 7 个，拥有中国第二重型装备集团、东方汽轮机厂、东方电机厂、科新机电（石化、核电装备）、金路集团（氯碱行业的骨干企业）、宏达股份（磷肥化工）等知名企业。同时，德阳还属于国家全面改革创新试验先行先试区、国家创新驱动发展示范市、知识产权示范市、联合国清洁技术与新能源装备制造业国际示范市。

目前，德阳市已正式获批第二批“科创中国”试点城市，在申报第二批“科创中国”试点方案中，提出了围绕产业培育提出“科创中国”建设五项任务要求，即通过智库赋能，开展发展战略和产业规划研究；通过产业升级，借助科协力量开展需求发布、项目申报、技术攻关、平台落地；通过数字转型，引入联合体资源加强装备制造业升级改造；通过优化生态，为重点产业功能区开展成果转化、协同创新、技术攻坚提供便利；通过人才培养，利用学会资源培养产业技能人才和技术转化人才。

二、开展“科创中国”工作的关键着力点

（一）聚焦关键产业需求，与中国科协职能范围更好地衔接。德阳市在第二批“科创中国”试点园区申报书中提到发展先进材料、数字经济、通用航空、装备制造、医药食品五大产业。在开展“科创中国”工作中，不可能齐头并进发展，应该在明确一个目标和优先开展工作的几个重点产业上先下手。对于德阳市而言，最主要任务在于推进传统产业的转型升级，明确这个基本目标后，结合中国科协、科技服务团、省市科协资源力量，

梳理任务，聚焦重点产业；在重大项目申报、科技攻关“揭榜挂帅”，突破关键技术，打造产业集群方面，科协能够通过调动平台、服务团和第三方机构等方式间接助力；德阳市在产业发展顶层设计、规划、路径等全方位决策咨询方面，更能够结合科协系统的优势，建议更侧重运用科协组织科技咨询的专业优势，从战略层面组织专家开展相关决策研究，提出意见建议。而对于具体产业规划、技术路线图等应该是四川省和德阳市统筹布局的工作，有具体帮助请求可以考虑请科协协助参与。

（二）明确与学会合作切入点，建立上下联动的运行机制。

“科创中国”的实施要通过全国学会团结引领科技工作者服务地方科技经济发展。因此在德阳市明确技术需求、人才需求、项目需求、企业难题等信息后，与对口学会寻找产生具体合作的切入点是关键，德阳市要和科协一起设计合理的运行机制，运用好科协在填平科技成果转化鸿沟、充当联结学会和地方企业的稳固桥梁作用。一方面，在体制机制方面要横向打通。“科创工作”落实到基层涉及发改、科技、工信、人社等多个政府部门以及多个不同区县地域，要在市政府的统一领导下建立横向联通机制，同时与作为“科创中国”基层“办公厅”的地方科协紧密联系。另一方面，德阳市需要有明确的“科创中国”专项资金分配机制，用于为学会在地方开展服务团、论坛、企业对接等方面提供经费保障。对于技术服务见效、项目实质落地、论坛形成品牌的成果要给予后补助奖励或前期引导基金的投入。由于科创工作涉及到各政府部门有关科技领域的部署，因此，要处理好彼此之间的关系，最好能够明确资金规模、使用范围、给予会地合作创新平台的补助标准。

（三）利用好科协系统资源，解决地方发展中的关键要素

配置难题。德阳市担负着老工业基地改造、数字化转型的艰巨任务，尽管具备一定的创新基础，在特定领域有一定优势，但与发达地区尤其是东部沿海地区的试点城市相比，面临着科技人才储备不足、科技和产业人才集中于少数大型企业和传统产业领域，中小企业创新能力较低，新兴产业人才缺乏等问题。同时，高校、院所等研发机构匮乏，孵化机制和风险投资机制不完善，企业育成体系不健全。德阳市在成德绵经济带上尚处于薄弱的位置。因此，德阳市要积极利用科协系统一体两翼资源，抓住人才网络资源、学会科普资源、会展大赛资源、高端院士专家资源，解决德阳市在地方经济社会发展中面临的相关问题。

三、有关建议

考虑到德阳市在整个四川省发展中的定位，结合中国科协一年多来开展“科创中国”相关经验，本着抓重点、小切口、力所及、见效快的基本原则，从以下几个方面提出建议。

（一）建议产业方向聚焦重点，建设内容更突出和结合科协优势。建议德阳市在五大产业发展方向的基础上，进一步聚焦重点，明确1个区域发展目标、2个重点产业支持方向、3个产业培育方向。同时，建设内容应紧密结合德阳市区域特色和中国科协的组织优势，充分借鉴会地合作经验。例如，组织开展重大装备制造、先进材料等领域的产业发展论坛，举办高端学术活动，发布重点领域战略研究报告。针对德阳市科技人才储备不足、科技和产业人才结构化短缺的突出问题，抓住科协人才网络资源，助力专业人才培养平台建设，引入海内外企业家和青年优秀科技人才，通过科协渠道对口重点产业的高校院所，推动联合办学，发挥学会科普作用，开展紧缺人才的学历、技能教育；充分利用会展赛资源，小切口做实专业化论坛、会议，并形成品牌；还要抓住高端院士专家资源，

为地方经济社会发展开展战略咨询研究，通过科协渠道向省和国家提供决策建议，助力德阳市科创事业发展。

（二）强化区域间协同合作，抓住“科创中国”和成渝经济圈建设契机，着重发挥科技创新的协同优势。考虑到德阳市位于成都都市圈内，要基于成德眉资同城化发展战略进行顶层谋划。在支持德阳市重点产业培育方面，结合中国科协党组领导多次提到的区域间互补协助，大手拉小手的发展模式，充分发挥创新战略研究院在科技中长期规划评估、双创示范基地评估方面积累的优势资源，围绕新材料方向联系建立东部（江苏）与德阳、重点企业（和新材料相关的企业双创示范基地）与德阳的产业发展联合组织，充分运用科协系统的横向联系能力。同时，结合四川省委在加快推动成渝双城经济圈建设的相关文件中支持德阳市加快建设世界级重大装备制造基地，考虑到德阳市罗江区金山镇入选全国军民融合特色小镇，可以发挥中国科协军民融合学会联合体的智库团队作用，在成都市、德阳市、重庆市等城市建立指导委员会。

（三）凝聚产业共性需求，推动科技资源要素精准集成和配置。相比单个企业提需求、各级科协考察筛选、挂点组和学会根据需求遴选专家的模式，试点城市应更注重对共性技术问题的梳理，特别是产业底子厚、发展方向明确的德阳市，应组织相关学会梳理研究重点产业企业关键共性技术问题，从而解决一批围绕该产业培育形成的中小企业的实际需求，在减轻工作量的同时还能有效扩大影响力，提升实用性。相应地，德阳市也要尽快启动“科创中国”平台站点建设工作，围绕几大产业梳理企业技术创新需求清单，按照平台数据标准与要求做好“问题库、项目库、人才库”等资源汇入工作。此外，利用好

科协学会力量组织开展重点产业专业人才培养，通过培训会、专题讲座等形式也能快速推进德阳市“科创中国”工作。

（四）通过“科创中国”工作，赋能组织创新，带动更多创新主体和资源，在“科创中国”平台上协同发力。要推进德阳市基层服务站点等组织建设，以及建立平台参与单位联络员制度，以组织赋能、开放合作带动国内外创新资源有序下沉。德阳市提出的在重点产业功能区设立“科创中国”园区服务站长的基层组织值得发扬，由于涉及到跨区域、跨部门协调，建议明确产业园区站长的权责定位，便于协调推进相关工作快速落实。同时，要探索创新服务模式、组织机制，形成“省级统筹、地市中心”的工作格局，建议省科协分管“科创中国”工作的负责同志担任试点城市工作小组副组长，以推动科协系统“两级下沉”服务试点工作。考虑到“科创”与“双创”工作的结合，发展改革委负责同志应参加领导小组，对各成员单位要明确责任分工并纳入目标考核。

（作者：赵宇 赵立新 顾梦琛，责任编辑：王达）



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 45 期（总第 473 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 8 月 30 日

美国顶尖人工智能创业公司投资者分布情况

〔编者按〕2021 年 2 月，美国安全与新兴技术中心（Center for Security and Emerging Technology, CSET）发布了《从中国到旧金山：美国顶尖人工智能创业公司的投资者分布情况》（*From China to San Francisco: The Location of Investors in Top U.S. AI Startups*）报告。报告指出，由于对技术转让的担忧，投资美国人工智能初创企业的中国投资者备受关注，但此方面的系统分析却较为缺乏。该报告通过分析数千家美国创业公司及投资者，系统地评估了中国投资者对美国人工智能创业公司的投资分布情况，并分析外国投资者可能对美国人工智能发展的影响范围及性质，为美国的技术保护、对未来外国投资者的相关政策决策提供参考。本报告就其主要内容进行摘编。

一、背景介绍：分析投资者分布的必要性

由于私营部门在美国人工智能生态系统中占主导地位，大多数美国人工智能创业公司的投资人只以赚钱为目的，但

有时也可利用职务之便获取私人技术信息，或获得公司的控股权。因此，国内外私人投资者会影响美国国家安全关键技术。通过分析美国国内外的投资模式，可以发现美国人工智能创业公司融资的地理分布情况和中心位置。目前，美国采取一定的行动来限制外国投资者进入敏感技术领域。美国外国投资委员会（CFIUS）最初被赋予审查外国收购的权力，2018 年其权限扩大到对外国非控制性股权投资的审查。国家人工智能安全委员会的一份报告建议对人工智能公司投资的投资人进行强制性的 CFIUS 备案，认为 CFIUS 广泛地用于应对“减轻处于早期阶段的人工智能创业公司面临的对抗性资本的威胁”是十分必要的。而关于私人投资进入人工智能创业公司的地理位置的分析非常有限。通过分析投资者进入人工智能创业公司的位置，我们可以确定美国人工智能生态系统依赖的地理区域，并通过风险资本市场评估外国可能对美国人工智能生态系统的影响范围和性质。

二、外国投资者对美国顶尖 AI 创业公司的投资情况

报告的重点分析对象是福布斯和 CB Insights 数据服务公司在 2019 年和 2020 年的分析中选定的 177 家美国顶尖 AI 创业公司（样本）。

研究中定义了两个对照组：

对照 1 组：由人工智能以外行业的 151 家美国顶尖的创业公司组成（“美国顶尖非 AI 创业公司”）。

对照 2 组：由活跃在人工智能领域的所有美国创业公司（3,029 家）组成（“美国所有 AI 创业公司”）。

1. 美国 AI 创业公司的大部分投资者位于美国，其次是中国

美国顶尖 AI 创业公司 76% 的投资者位于美国，而美国顶尖非 AI 创业公司的美国投资者比例为 82%，美国所有 AI 创业公司的美国投资者比例为 69%。根据 Crunchbase 数据库的数据，“美国顶尖 AI 创业公司”样本中的 177 家公司共有 1191 名投资者。如表 1 所示，这些投资者中外国投资者的比例是 24%——高于顶尖非 AI 创业公司（18%），但低于美国所有 AI 创业公司的外国投资者比例（31%）。中国内地和香港的投资者是美国顶尖人工智能创业公司外国投资者的最大来源，占全部投资者的 5%，其次是日本和英国。中国投资者在美国顶尖 AI 创业公司的比例（5%）是顶尖非 AI 创业公司（2%）的两倍多。

表 1 美国 AI 创业公司的投资者国家分布

投资者国家	美国顶尖 AI 创业公司的比例 (样本)	美国顶尖非 AI 创业公司的比例 (对照 1 组)	美国全部 AI 创业公司的比例 (对照 2 组)
美国	76%	82%	69%
中国	5%	2%	4%
日本	2%	1%	2%
英国	2%	3%	4%
新加坡	1%	1%	1%
其他	12%	11%	20%
非美籍总计	24%	18%	31%

资料来源：CSET 对 Crunchbase 数据库中投资者位置的数据分析。

注：表中各国按在美国顶尖 AI 创业公司投资者中的比例排序。在美国顶尖 AI 创业公司中，投资者数量为 919 名，在美国顶尖非 AI 创业公司中，投资者数量为 876 名，在所有美国 AI 创业公司中，投资者数量为 4208 名。

2. 美国顶尖 AI 创业公司都有来自美国的投资者，其次是中国和英国

美国顶尖 AI 创业公司中有 177 家创业公司，美国顶尖非 AI 创业公司中有 151 家，所有美国 AI 创业公司中有 3029 家。

20% 的美国顶尖 AI 创业公司有一个或多个中国投资者，如表 2 所示。在美国顶尖的非 AI 创业公司中，来自中国的投资者比例降至 13%。这种差异表明，中国人对 AI 创业公司和其他顶尖创业公司的投资兴趣不成比例。与非 AI 创业公司相比，日本和美国对 AI 创业公司的投资者数量增加。

表 2 美国 AI 创业公司的投资者国家比例

投资者国家	美国顶尖 AI 创业公司中至少有一位投资者来自该国的比例	美国顶尖非 AI 创业公司至少有一位投资者来自该国的比例	美国全部 AI 创业公司中至少一位投资者来自该国的比例
美国	100%	99%	87%
中国	20%	13%	7%
英国	17%	22%	7%
日本	11%	5%	4%
新加坡	7%	5%	3%

资料来源：CSET 对 Crunchbase 数据分析。

注：各国按投资人来自该地的美国顶尖 AI 创业公司的普遍程度排序。100% 的美国顶尖 AI 创业公司有来自美国的投资者；99% 的美国顶尖非 AI 创业公司有来自美国的投资者，87% 的美国全部 AI 创业公司有来自美国的投资者。

3. 美国顶尖 AI 创业公司融资总额中，15% 的投资者与中国投资者合作

表 3 所示，在所有融资比例中，中国投资者对美国顶尖 AI 创业公司融资占有所有融资轮的 8%，占总价值的 15%，高于中国投资者对美国非人工智能创业公司的融资比例（约 6%），以及高于对所有美国人工智能创业公司的融资比例（5%）。与所有 AI 创业公司相比，美国顶尖 AI 创业公司的融资轮次中中国投资者参与的更多。

表 3 美国 AI 创业公司融资轮次的中国占比

	融资 总额	含中国 投资者 轮次的 融资总 额	中国融 资额占 比	融资 总轮次	中国投 资者参 与的融 资轮次	中国投 资者的 融资轮 次占比
美国顶尖 AI 创业公司	\$21B	\$3B	15%	679	58	8%
美国顶尖非 AI 创业公司	\$31B	\$5B	15%	671	41	6%
美国所有 AI 创业公司	\$55B	\$7B	12%	6,627	328	5%

资料来源：CSET 对 Crunchbase 数据的分析。

注：在美国顶尖 AI 创业公司获得的 210 亿融资金额中，有 30 亿 (15%) 是与一名中国投资者一起融资的。在美国顶尖 AI 创业公司总共发起的 679 轮融资中，有 58 轮 (8%) 包含一名中国投资者。

4. 中国投资者投资的美国顶尖 AI 创业公司不超过四家

中国最活跃的投资者是百度，投资美国顶尖 AI 创业公司 4 家、美国顶尖非 AI 创业公司 1 家，以及美国所有 AI 创业公司 11 家，腾讯和阿里巴巴也都出现在活跃的中国投资者名单中。最活跃的中国投资者更有可能投资 AI 创业公司，而非非 AI 创业公司。然而相比于顶尖非 AI 创业公司或所有 AI 创业公司，一些顶尖中国投资者更有可能投资顶尖 AI 创业公司，表明其特别优先考虑更成功的 AI 创业公司，如表 4 所示。

表 4 中国投资者投资的美国顶尖 AI 创业公司数量

投资人	投资美国顶尖 AI 创业公司的数量	投资美国顶尖非 AI 创业公司的数量	投资美国所有 AI 创业公司的数量
百度风投	4	1	11
腾讯控股	4	0	0
维港投资	3	1	12
IDG 资本	3	1	6
红杉资本中国	3	0	0
真格基金	3	1	22
北极光创投	2	0	0
峰瑞资本	2	0	0
信智资本	2	1	3
宜信金融科技产业基金	2	2	3

资料来源：CSET 对克朗彻基础数据的分析。

表 4 注：投资者按投资的美国顶尖 AI 创业公司数量排序；仅包括前 10 名。

5. Pony.ai、TuSimple 和 Kneron 是美国人工智能创业公司中的佼佼者

20%的美国顶尖人工智能创业公司有至少一个中国投资者。美国三大 AI 创业公司（Pony.ai、TuSimple 和 Kneron）分别有三个或更多的中国投资者，如表 5 所示：Pony.ai、TuSimple 和 Kneron。Pony.ai 是在中国和加州联合推出的，而 TuSimple 和 Kneron 则在中国和美国之间拆分了业务。Pony.ai、TuSimple、Kneron、DataVisor 和 Nuro 5 家美国顶尖 AI 创业公司的中国投资者比例达到 50% 或者更多。

表 5 美国人工智能创业公司中的佼佼者

组织机构	中国投资者的数量	投资者总数	中国投资者所占百分比
Pony.ai	13	22	59%
TuSimple	10	15	67%
Kneron	5	8	62%
Arraiy	2	8	25%
Arterys	2	17	12%
Atomwise	2	16	12%
DataVisor	2	4	50%
H2O.ai	2	19	10%
Nuro	2	4	50%
Subtle Medical	2	9	22%
Unity Technologies	2	13	15%
AMP Robotics	1	6	17%
Affectiva	1	13	8%
Anyscale	1	7	14%
Bossa Nova Robotics	1	8	12%
Butterfly Network	1	5	20%
Citrine Informatics	1	11	9%
Covariant	1	8	12%
DefinedCrowd	1	14	7%
Drive.ai	1	8	12%

资料来源：CSET 对 Crunchbase 数据的分析。

注：创业公司按中国投资者数量排序，只包括前 20 名。Pony.ai 的全部 22 个投资者中有 13 个中国投资者（59%）。

三、美国国内对顶尖 AI 创业公司的投资情况

1. 美国顶尖 AI 创业公司中最大的国内投资者来自旧金山湾区，其次是纽约和波士顿

按照美国顶尖 AI 创业公司中美国投资者的比例排序，美国投资者在美国顶尖 AI 创业公司中的数量为 699 家，在美国顶尖非 AI 创业公司中的数量为 718 家，在所有美国 AI 创业公司中的数量为 2901 家。美国位于旧金山湾区的投资者在顶尖 AI 创业公司中占 49%，相比之下，在美国顶尖非 AI 创业公司中占 40%，在所有美国 AI 创业公司中占 31%。

表 6 美国 AI 创业公司的国内投资者地区占比

中心地区	美国顶尖 AI 创业公司中美国投资者占比	美国顶尖非 AI 创业公司中美国投资者占比	美国所有 AI 创业公司中美国投资者占比
旧金山湾区	49%	40%	31%
纽约地区	18%	23%	18%
波士顿地区	6%	6%	5%
洛杉矶地区	4%	7%	5%
华盛顿巴尔的摩地区	3%	3%	2%
西雅图地区	2%	2%	2%
圣地亚哥地区	1%	1%	1%

资料来源：CSET 对 Crunchbase 数据的分析。

注：中心地区是 Flagg 和 Olander 在研究中确定的，由美国顶尖人工智能创业公司中的美国投资者百分比排序。

旧金山湾区的投资者也有很大的影响力，95% 的美国顶尖 AI 创业公司有一个或多个投资人来自旧金山湾区，而在美国顶尖非 AI 创业公司中有 84%，美国所有 AI 创业公司中有 58%。如表 7 所示，95% 的美国顶尖人工智能创业公司有一个或多个来

自湾区的投资者。53% 的公司有一个或多个来自纽约地区的投资者，27% 的公司有一个或多个来自波士顿地区的投资者。

表 7 美国 AI 创业公司的国内投资者中地区分布比例

中心地区	美国顶尖 AI 创业公司中美国投资者至少有 1 个来自该地区的比例	美国顶尖非 AI 创业公司中美国投资者至少有 1 个来自该地区的比例	美国所有 AI 创业公司中美国投资者至少有 1 个来自该地区的比例
旧金山湾区	95%	84%	58%
纽约地区	53%	68%	28%
波士顿地区	27%	30%	12%
洛杉矶地区	17%	33%	8%
华盛顿巴尔的摩地区	15%	13%	5%
西雅图地区	12%	9%	4%
圣地亚哥地区	5%	5%	2%

资料来源：CSET 对 Crunchbase 数据的分析。

注：表中包括至少有一位该地区美国投资者的创业公司。按照美国顶尖 AI 创业公司中拥有一个或多个来自该地的投资者的百分比排序。

综上发现与“美国哪些城市在人工智能领域领先”的传统观点有细微差别。虽然旧金山湾区在融资领域占主导地位，但纽约的投资者也发挥了相当大的作用，尽管这个作用相对其城市规模来说比预期略小——纽约地区投资者投资 AI 创业公司的可能性比非人工智能创业公司小得多。另一方面，波士顿地区投资者在美国投资者的比例位居第三，并且对 AI 创业公司的兴趣也不成比例。

（编译：邹思敏 孟凡蓉 王达，责任编辑：李谊群）

文章来源

<https://cset.georgetown.edu/research/from-china-to-san-francisco-the-location-of-investors-in-top-u-s-ai-startups/>

<https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/CSET-From-China-to-San-Francisco-The-Location-of-Investors-in-Top-U.S.-AI-Startups.pdf>

安全与新兴技术研究中心（Center for Security and Emerging Technology, CSET）是美国乔治城大学沃什外交学院（Georgetown University's Walsh School of Foreign Service）的一个政策研究组织，关注人工智能和高级计算的进步所带来的影响，寻求培养新一代决策者来应对新兴技术的挑战和机遇。中心研究员包括在国家安全委员会、情报界以及国土安全部、国防部和国务院具有指导情报和研究工作经验的著名专家。CSET 的数据科学团队通过对大量来自不同来源的国外和技术数据材料的收集、处理和解读，以多种形式进行证据驱动的分析，从信息图表到专家建议，再到公开发表的报告。调查的关键领域是人工智能的基础——如人才、数据和计算能力——以及如何将其用于国家安全，以及可以使用什么政策工具来塑造其发展等。关注在安全与技术交叉领域进行基于数据的研究，为政策团体提供客观中立的决策依据。



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 46 期（总第 474 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 8 月 30 日

面向未来的 100 项颠覆性技术创新（一）

〔编者按〕在研发和创新相关政策规划时，及时了解掌握能够对全球科技和经济发展具有重大影响的技术突破显得尤为重要。欧盟委员会（EUROPEAN COMMISSION）发布《面向未来的 100 项重大创新突破》（*100 Radical Innovation Breakthroughs for the future*）报告，为所有关心科学、技术和创新决策的人们提供了战略资源。该报告通过对最新科学技术文献的大规模文本挖掘，结合专家的咨询评论，筛选了 100 项可能对全球经济产生重大影响的颠覆性技术，为欧盟未来研究与创新政策的可能优先事项提供参考。本文就其主要内容进行摘编。

一、人工智能和机器人（Artificial Intelligence and Robots）

1. 增强现实（Augmented Reality）

增强现实（AR）指将计算机生成的图像（甚至声音）叠加在我们对现实世界的感知上。从技术角度来看，AR 是一个巨大的

挑战，因为用户可以利用它从多角度理解三维环境。实现 AR 的基础是虚拟投影与现实世界的集成。AR 的专业应用是交互式手册，为操作机器的人提供现场指导。最新的研究领域是人类医学。医生们在手术过程中使用 AR 技术，将大大减少在手术室的时间。已有研究证明，AR 可以帮助截肢患者，通过向患者展示自己运动的虚拟实时模型来改进康复方案，使他们能够自我纠正。

2. 室内自动耕作 (Automated Indoor Farming)

在具有高放射性地区，人们总担心传统种植的产品可能含有放射性沉降物；在缺乏水资源和沙漠地区可能会给蔬菜种植带来挑战。因此，在室内进行工厂化养殖得到推广。室内自动耕作在人工智能系统的指导下，机器可以执行传统的农业任务，如育苗、再植和收获，也包括畜牧业。从长远来看，农业可能会完全自动化，首先在缺乏人力资源和极端条件的地区实现，然后推广至全球。这可能对食品文化、可持续性、社会结构以及就业等领域产生颠覆性影响。

3. 区块链 (Blockchain)

区块链是一种允许互不相识的人组织网络来保存可信记录的技术。区块链也是比特币等加密货币的核心技术。区块链可能会通过建设去中心化网络，为所有可能的交易提供一个中立和公平的结果。企业将区块链技术视为提高自身业务可追溯性的机会。区块链技术可以保存不可变记录，没有任何麻烦或感染的风险，网络上的任何人都可以随时对其进行验证，可以用来增加工作的透明度。公共团体和企业认为区块链是未来诚信经营的基础设施。

4. 聊天机器人 (Chatbots)

聊天机器人是一种通过书面文字或现场音频与人进行实时

对话的计算机程序。传统上，聊天机器人遵循一组预定义的规则和脚本，查找特定的单词并为预定义的问题提供预定义的答案，这种模式通常会导致用户体验不佳。较新的聊天机器人由人工智能技术提供动力，使得它们在用户输入方面更加灵活，并模糊了聊天机器人与 Siri、Cortana 或 Google Assistant 等虚拟助手之间的界限。

随着聊天机器人在理解和响应用户问题方面越来越好，它可能会不断进化并成为主流。未来的聊天机器人可能会带来丰富的会话用户界面，使用户可以自然地与计算机、智能手机和机器人等进行交互。

5. 计算创造力 (Computational Creativity)

计算机能够创造出原创性的艺术、创意和解决方案，它们看起来像在大型艺术博览会上出现的作品一样。制作这些作品的半自主人工智能系统由设计师支持，但通过没有先入为主的限制和使用较高的处理能力来确定新的途径、新的解决方案和新的想法。

人工智能在未来将扮演越来越重要的角色，除了完成机械任务外，还可以增强人类的探索和解决问题的能力。下一个前沿领域是使用复杂的机器学习技术设计全新的策略，这些策略迄今仍在挑战人类的想象力。

6. 无人驾驶 (Driverless)

无人驾驶技术广泛应用的主要障碍之一是传感器的相对成本和复杂性，因此需要花费大量的精力来寻找感知世界的新方法。从界面设计的角度来看，无人驾驶车辆出人意料的复杂，创造完全自主无人驾驶汽车的进程仍在继续。然而，尽管有大量的跨国资源致力于开发这项技术，但其前景并不像许多人最

初认为的那样可观。从长远来看，无人驾驶成为常态社会将发生范式转变，拥有私家车可能不再对很多人有吸引力，无论是陆运、空运还是海运，运输都将成为一种商品。很难想象某个行业不会受到无人驾驶汽车的影响，因此政府应该保障立法与技术的和谐发展。

7. 外骨骼 (Exoskeleton)

外骨骼是一种体外的人造结构，为了补偿或增强自然的身体能力而设计。它被放置在人的身体上，作为一个增强放大器，增强或恢复人的机械性能。外骨骼最成熟的应用是医学领域，它们将帮助患者从瘫痪、多发性硬化症、脑瘫和其他使人衰弱的疾病中康复。外骨骼可能会逐渐被老年人广泛使用。新的工业设备可能更接近骨骼，从而提升了人体意识和身体动作的整合度。但在不久的将来，可能只能看到提供有限援助 / 支持的轻型军事外骨骼装备。

8. 高光谱成像 (Hyperspectral Imaging)

高光谱成像在安全、国防、环境监测和农业等领域有着广泛的应用前景。传统的数码摄影只捕捉三种波长的光，从蓝色到绿色再到红色，高光谱成像可以在数百个波长上产生图像。这些图像可以用来确定在任何被成像的场景中发现的物质，有点像远距离的光谱学。

高光谱成像能够提供比常规成像系统更详细的数据，目前仍处于起步阶段。高光谱机器视觉应用存在一些限制，关键因素是传输速度，受高光谱数据固有的大数据量的限制，成本和信息处理方法也是高光谱成像的应用障碍，但是将最新的高光谱成像引擎技术和机器学习算法结合起来有望解决这些问题。

9. 语音识别 (Speech Recognition)

第一个商业上成功的语音识别技术可以追溯到 1990 年，但随着计算能力和新算法的发展语音识别取得了惊人的进步。研究人员制造了一种用于自动语音识别的低功耗专用芯片，其功耗效率是手机多功能芯片的 100 倍。新的语音处理器支持立体声 AEC（声学回声消除）和远场线性麦克风阵列，它专为支持语音的智能电视、条形音箱、机顶盒和数字媒体而设计。即使在复杂的声学环境中，也可以从整个房间准确捕获命令，以供基于云的语音识别系统进行处理。

语音识别和会话平台有望成为十大战略技术趋势之一，语音搜索将占到所有搜索中的 50%。从长远看，这种转变使人们能够与周围的智能连接设备进行交互。随着人工智能和自然语言处理技术变得越来越复杂，即使人们的语音命令中没有明确的说明，设备也将能够理解用户，然后预测其意图。

10. 群体智能 (Swarm Intelligence)

群体智能是指各种对象的集体行为，每个对象都执行一些简单的功能，并在这个过程中与其他对象进行交互。基于这一原则设计的信息系统通过对其所有要素的自我组织操作，以分散的方式管理过程。群体智能类系统的发展前景与无人驾驶汽车、分布式能源电网、搜救机器人的应用有关。

11. 无人机 (Warfare Drones)

目前无人机研究一直专注于提高信息收集能力，使无人机更加精确。无人机必须靠自己导航，因此人们特别关注它们的感知能力。从导航到武器部署，所有无人机都通过传感器数据构建内部地图来运行，以允许其算法做出决策，在使用多波长激光从远处分析物质的传感器领域取得了广泛进展。这些传感

器专为无人机而开发，可以可靠地检测爆炸物，提供关键任务数据。DARPA 开发的原型无人机系统使用完全自主的无人机，可以在飞行中过渡到中等高度的机翼飞行，该系统具有比传统直升机更大航程的监视和打击能力。

无人机易于部署，已经成为一种新型武器。假设一支完全不受人控制的自治军队作战，向全世界发出了没有人能改变的加密命令，为了应对这种威胁，反无人机技术已经多样化，比如名为猛禽的战斗机 F-22 和干扰技术，也可能会出现防御性无人机，这种无人机用来狩猎其他无人机。

12. 人工智能 (Artificial Intelligence)

卷积神经网络一直是深度学习的支柱，在计算机视觉中，出现了一些设计创新（包括胶囊网络和欺骗网络），带来了新的前景和新的挑战。未来几十年中，机器学习、计算机视觉、自然语言处理和机器人技术方面的进步和创新将重塑整个科学和经济学领域。人工智能软件和硬件基础设施的未来发展可能会导致无监督学习和一些初步形式的一般人工智能出现。这就需要超级智能系统，不仅在专业应用领域，而且在广泛的领域和环境中能够自我进化和超越人类。

13. 全息图 (Holograms)

全息图是以激光为光源，用全景照相机将被摄体记录在高分辨率的全息胶片上构成的图，以干涉条纹形式存在。全息图是一种三维图像，它与传统的照片有很大的区别，光学全息图是物理学家丹尼斯·加博在 1948 年发明的。从技术上讲，全息图是波场的三维记录，全息图像可以根据观看者的相对位置实现三维感知和变化，就好像所显示的物体是真实存在的一样。声全息技术起源于 20 世纪 60 年代，是光学全息技术的产物，

它涉及到重建由于边界处的声音辐射而产生的声场。

最近的研究重点包括 3D 全息显示器、声学全息、可触摸全息图以及全息显微镜和打印机。声学全息图是在 3D 打印的超材料矩阵的帮助下产生的，以复杂的方式扭曲单一来源的声波，将其转化为声音全息图，这种技术既省时又便宜。最近的进展显示，声学全息图可以显著改善超声成像和医疗选择。未来的 3D 全息显示器可以提高动态影像逼真度，观众无需戴任何 3D 眼镜或 VR 式头枕，通过将柔性超薄薄膜嵌入到整个设备表面，智能手机和日常设备将能够弹出 3D 全息图，屏幕尺寸无关紧要。此外，若可触摸全息图能真正发挥作用，我们将看到全息界面与设备进行交互的新方式，并在虚拟现实体验中添加全新的维度。

14. 类人机器人 (Humanoids)

类人机器人是一种在外形和特征设计上与人类相似的机器。由于类人机器人被期望尽可能地与人类相似，所以许多项目都专注于直接模仿。灵活性被视为一种特殊类型的运动问题，近年来取得了一些进展，使机器人的四肢接近人类。类机器人在机器需要完成与人类相同的一般任务的情况下具有明显的优势。DARPA 组织了一场机器人大挑战，以了解类机器人在灾难场景中的表现，测试包括开门、操作水龙头，甚至接听电话等。

类人机器人是一个长期方向与短期方向截然不同的研究领域。目前，类人动物的建造成本较高，而且部署繁琐。但是，一旦类人机器人达到一定的性能水平，大众接受度就会发生根本性的变化。一个廉价、可靠、安全、低功耗的类人机器人将会迅速成为标准的机器人平台，成为从军事到娱乐甚至家庭内部的各种应用。

15. 神经科学 (Neuroscience)

神经科学仍然局限于基础研究，研究的最终目的是找出创造力和想象力是如何工作的。早期试图找到一种来衡量、预测和系统地影响想象力的方法，想象力被视为创造性思维的基础，是人类进步的核心。富有创造力的神经科学将使人们不仅能够进行感知，而且能够预测并系统地影响想象力。

想象研究所（宾夕法尼亚大学积极心理学中心的非营利机构）的神经科学家和心理学家通过量化一个人的想象力，提供了一种替代传统的以智商为导向的标准化测试方法。更长远的期望是，创造力的神经科学将使我们不仅能够测量，而且能够预测和影响想象能力。

16. 精准农业 (Precision Farming)

精准农业依靠 GPS、卫星图像、控制系统、传感器、机器人、变速技术、远程信息技术、软件等现有的最新信息和技术，在作物生长周期中（土壤整备、播种和收割）改善作物。在精准农业中，通过传感器和农场管理软件 / 硬件在现有网络 / 互联网基础设施上检测和远程控制。例如，农民现在可以使用一个基于云的无人驾驶拖拉机平台，该平台与拖拉机自动化套件整合，成为即插即用系统，可以自动操控谷物手推车拖拉机，并在收获季节为农民提供帮助。该系统联合收割机操作员在田间设置分段和卸载位置，调整速度，监控位置，并命令谷物运输车与联合收割机的速度和方向精确同步。

未来的农场可能不再需要人力种庄稼，自主机器人已经被用来执行播种、抚育农作物和收割之类的任务。这些机器人不受人为错误的影响，能够适应现场条件，从而最大限度地提高产量，大幅减少时间并提高效率。

17. 柔性机器人 (Soft Robot)

柔性机器人是机器人的一个子领域，用模仿生物体的材料建造机器。柔性机器人在其他方面与生物相似，突出在运动和适应环境变化的物理结构的能力。机器人被称为“柔性”，与那些刚性材料制造的机器人相比更突出它们的灵活性和适应性。已有研究小组开发出了一种柔软的机器人，它的执行器类似肌肉，由硅橡胶制成，由气压驱动。科学家们已开发出一种自动设计软执行器的方法，他们用硅橡胶材料来设计一个柔软的机器人，在单一压力源的驱动下，可以像食指一样弯曲，像拇指一样扭动。

长期来看，在医疗和个人机器人技术中，柔性机器人将实现与人类之间的安全且兼容的交互。在较小的规模上，微型柔性机器人有望在药物输送和手术等医疗应用中提供帮助。对于野外勘探和救灾，柔性机器人可以在复杂地形中导航并穿透狭窄空间。柔性机器人将进一步帮助食品处理和农业等领域实现高度自动化，降低成本。

18. 非接触手势识别 (Touchless Gesture Recognition)

非接触式手势识别构成了一个自然用户界面，极大地改变了人类与日常技术互动的方式。从手势的识别和解析中可以收集到大量速度、动作、情绪反应方面的数据，这些数据可转化为对使用者的精准理解。

超声波手势感知的基本原理类似于蝙蝠和海豚使用的回声定位系统。声纳系统发出超声波，这是一种无法听到的信号，这些信号通过用户的手、头或身体反射，随后被麦克风捕获，并由时间-灯光算法编译。最新的超声波技术采用声学微机电系统 (MEMS)，例如现有智能手机中的麦克风和扬声器，或包含

压电换能器的特殊用途超声收发器。

非接触式手势识别构成了一个自然用户界面 (NUI)，改变了我们与日常技术的交互方式，它所需要的只是我们自然移动和悬停的手和手指向附近的设备发出命令，如电话、计算机、可穿戴设备、游戏和 VR 控制台、娱乐系统、机器人和家用电器。非接触界面也可以增强专业设备，如医疗或军事设备。它还将彻底改变依赖深度消费者参与的领域，如媒体、通信、零售、娱乐。

19. 飞行汽车 (Flying Car)

随着汽车拥有量的增多，交通拥堵成为世界难题。因此，研发一辆小型、安全、低冲击的个人飞行汽车一直是人们的梦想。如今，传感器、电力存储、电机和人工智能的迅速发展使飞行车接近现实。因此，智慧城市正在准备部署个人自动驾驶交通工具，希望能解决交通问题。

由于目前大多数运输方式都集中在短程和中程运输，因此城市将成为飞行汽车类产品的主要目标。如果飞行汽车可以成功使用，那么它们将开始影响城市基础设施的发展。长远看，整个城市可能会基于飞行车普遍使用的场景进行规划调整。

二、人机交互和仿生 (Human – Machine Interaction & Biomimetics)

20. 神经形态芯片 (Neuromorphic Chip)

神经形态技术将是高性能计算的下一个发展阶段，它能够大幅提升数据处理能力和机器学习能力。神经形态芯片是将神经网络的工作原理蚀刻到硅中，其能效可达传统中央处理器的数百倍。神经形态芯片非常节能，适用于移动设备、车辆和工业设备。

2018 年英特尔宣布了一种神经形态芯片，应用该芯片的设备可以识别网络摄像头捕捉到的图片中的物体，这为该领域整合了许多新特征，如层次连接、树突状隔间、突触延迟，以及最重要的可编程突触学习规则。

神经形态芯片的发展可以促进人工智能系统的发展，这些系统具有特定的用途，如物体识别、语音和手势识别、情感分析、健康分析和机器人运动。通过合理的功耗控制，它们可以成为从玩具到仿人机器人等多样化交互设备的关键组件。

21. 仿生学（医学）（Bionics）

“仿生学”通常用于医学领域，用来描述用机械代替或增强各种身体部位。人造、仿生器官和四肢不同于普通假肢，它们的设计尽可能接近被替换身体部分的原始功能。

目前该技术在外骨骼、上肢、内部器官均有运用，主要设计用于帮助受伤患者。如仿生外骨骼可以增强人类的自然运动系统，让使用者跑得更容易 / 更快。

未来仿生学的目标是“将有机体与机器融合”。这种方法将产生生物和机械部件融合为“机器人”的混合系统。仿生器官将增强生物功能，使人们更快地奔跑、看得更远、听力更好、寿命更长，甚至可以更好地思考。

22. 脑功能映射（Brain Functional Mapping）

大脑不仅拥有数量惊人的神经元和连接，而且它是非同质的，估计有 500 个不同的部分，通过非常密集的网络连接在一起。脑功能映射技术正在迅速发展，为治疗神经疾病、理解认知和在人工环境中复制认知奠定了基础。

神经元之间的通讯是基于神经元间的电活动。目前为了更好地绘制这些通信路径，科学家们正在开发可记录的电极，可

可以在各种条件下记录这种电活动，用计算机来解读收集到的信息。

长远看，深入了解大脑在生理和病理情况下的功能将为确定疾病原因、治疗干预和预防策略提供重要信息。此外，大脑解码的进步有力地支持了脑机接口和大脑仿真技术的发展。

23. 脑机接口 (Brain Machine Interface)

脑机接口是大脑与外部设备之间的直接通信途径，它既可以从大脑中收集信息，又可以将信息输入大脑，使其能够与环境互动。增强和更复杂的是“双向”脑机接口，它记录大脑活动并将刺激传递到神经系统。脑机接口领域的研究目标之一是通过人机共生来提高执行复杂任务（例如驾驶战斗机）的效率。脑信号刺激的研究进展可能会开启脑与脑交流的新时代。中期来看，实现复杂思想的交换尚无可能，但脑与脑的交流可以使人们不断地分享情感、情绪和思想状态。

24. 情绪识别 (Emotion Recognition)

情绪识别 (Emotion Recognition) 一直以来都是通过对人脸图像（或视频）应用先进的图像处理算法来检测情绪。情绪识别的主要方向仍然是“阅读”面部表情。有研究人员开发出一种运用 AI 算法的芯片，能通过实时分析人脸图像识别八种情绪。情感分析也是继面部表情之后的一种新的技术突破，将机器学习算法应用于书面文本可以检测我们表达的积极或消极态度等。目前，智能手机可以告诉你你的感受，并提供相应的内容、通信或应用程序建议。智能设备是我们当前的现实，但“共情设备”可能是未来。

情绪识别可以完全改变营销人员设计广告的方式，无需依靠个人的直觉或主观想法，针对不同的目标群体对每个想法进

行科学而严格的测试。情绪识别通过捕获微表情并检测出细微的情绪变化有益于执法部门执法。在医疗保健中，它可以用于帮助监视和诊断情绪障碍疾病患者。

25. 智能纹身 (Smart Tattoos)

智能纹身也被称为纸皮肤、电子皮肤或电子纹身，它由可穿戴的表皮皮肤电极组成，能够实时感知各种环境刺激（压力、触摸或接近）和生理数据（心率、呼吸、血液酒精和氧气含量、肌肉活动、情绪）。它代表了一个一体化的感应平台，将为无法获得医疗服务地区的患者提供交互式远程医疗和治疗系统的支持。未来，柔性有机光学传感器可以直接层压在器官上，以监测手术期间和手术后的血氧水平。智能纹身还将帮助中风或脑损伤康复的患者改善肌肉控制或截肢者移动假肢。

26. 人工突触 / 大脑 (Artificial Synapse/Brain)

法国国家科学研究中心研究人员设计了一种所谓的“记忆电阻器”，一种直接在计算机芯片上实现的人工突触(Artificial Synapse)。这种突触能够自主学习，还能够对该器件进行建模，这对于开发更复杂的电路至关重要。未来，这些技术将成为设计计算机机器的一个重要组成部分。在模拟生物神经网络的情况下尤其如此，要利用大脑的力量或模仿大脑的结构还需要进一步探索研究。模拟生物神经网络可以提升效率，对于具有大量连接的超级计算机而言，将会获得更强大的计算能力。

三、电子与计算机 (Electronics & Computing)

27. 柔性电子 (Flexible Electronics)

柔性电子是可弯曲或可伸缩的电子电路，晶体管、显示器、电池、传感器等组件具有这些特性。灵活性不仅可以实现更复杂的设计，而且还可以实现新的应用，如可穿戴设备、电子纹

身或基于电子电路直接 3D 打印的潜在低成本解决方案。核心技术是薄膜电子学，柔性电子器件被应用于显示器制造、传感器、能量储能 / 转换、医疗保健、环境监测、人机交互等领域。

研究人员已经开发出一种灵活的压力传感器，即使双弯也能保持精确。医疗和生物工程应用将受益于真正灵活 / 可伸展的传感器，这将彻底改变大脑植入物。能让我们的大脑和电脑之间实现无缝的交流。

柔性电子是动态的，有多种应用场景。研究人员认为该技术将带给人们智能织物、可拉伸的屏幕、可弯曲的智能手机、可以拉伸到更大尺寸的超薄平板电脑、可佩戴在手腕上的健康传感器，或者将壁纸墙变成巨大的屏幕。

28. 纳米发光二极管 (Nano – LEDs)

发光二极管 (LED) 是一种双引线半导体光源器件，具有将电转换为光的能力，与传统的钨丝灯泡相比，LED 灯的主要特点是不产生热量。此外，LED 只需要普通灯泡点亮所需能量的一小部分，而不含有毒金属（例如汞，用于荧光灯灯泡）。

LED 显示器通过液晶显示器作为像素来显示图像。基于纳米棒的多功能 LED 既能发光又能探测光，且比标准 LED 的刷新速度快三倍。以纳米棒为基础的发光二极管可以对激光笔做出反应。

纳米半导体在生物学、计算机、医学以及照明等领域应用。纳米 LED 使用少量的能量可以产生更宽的光波长范围，为显示器提供更温暖、更鲜艳的色彩。从长远来看，既能发光又能检测光的新型 LED 阵列可以帮助用户通过非接触式手势控制智能设备，并使用环境光为这些设备充电。

29. 碳纳米管 (Carbon Nanotubes)

碳纳米管是一种直径为纳米级的碳基管状材料。这些管状

碳分子的特殊性使其在纳米技术、电子、光学和其他材料科学中具有价值。

硅一直是这些领域的首选材料，但它的主导地位在未来可能会受到新化合物的挑战，许多研究人员已经将这种希望寄托在碳纳米管上。除了用于笔记本电脑和智能手机更快、更高效的芯片外，纤巧但功能强大的处理器还可以支持新型技术，比如可弯曲的电脑和可注射的微芯片，或者可以针对人体癌症的纳米机器等。

30. 计算内存 (Computing Memory)

“内存计算(Memory Computing)”或“计算内存(Computing Memory)”是一个新的概念，它利用存储设备的物理特性来存储和处理信息。这与当前冯诺依曼系统和设备中发生的情况不同，例如标准的台式计算机、笔记本电脑甚至手机，它们在内存和计算单元之间来回穿梭数据，从而使它们变得更慢，能效更低。

目前 IBM 的科学家演示了“一种无监督的机器学习算法，它运行在一百万个相变存储器 (PCM) 设备上，成功地在未知数据流中发现了时间相关性。与最先进的经典计算机相比，这种技术有望在速度和能源效率方面提高 200 倍。

内存驱动计算是无限灵活且可扩展的架构，可以比传统系统消耗更少的能量来更快地完成计算任务。随着数据量的飞速增长，其重要性不断提高，将为大型可组合基础架构的数据处理提供解决方案。

31. 石墨烯晶体管 (Graphene Transistors)

石墨烯被称为新的纳米材料，导电性能好、化学性能稳定，是世界上最坚固的材料。它由碳原子组成，这些碳原子被密集

地堆积在二维六边形的图案中。基于石墨烯晶体管的电路可以解决硅晶体的处理速度限制。它们将使用微处理器的时钟速度提高了数千倍，同时需要的功率是硅基计算机的百分之一。

石墨烯晶体管和芯片使计算机变得更小、更快。这些多用途的材料为超薄配件和智能生物医学传感器等技术带来了广阔前景。

32. 高精度时钟（High – precision Clock）

在许多应用场景中，时间的要求精度较高，如 4D- 成像需要高精度的时钟，以提供亚原子区域的结构图像。光学时钟或原子钟有望在时间测量和标准化方面提供更高的精度。这使其适用于多种应用场景，并且可节省大量能源。量子逻辑时钟具有广阔的前景，而新的原子钟将需要突破更多的基础研究。

33. 纳米线（Nanowires）

纳米线的尺寸以纳米为单位。它们也可以被描述为宽度在几十纳米或更小、长度没有限制的纳米结构。纳米线的可重复性和可调节性以及表面特性为纳米医学提供了一种新颖的方法。由于制造它们的材料种类繁多以及它们所显示的迷人特性，纳米线最近成为纳米电子学、光电子学以及分子尺度的化学和生物传感的重要基石。纳米线可以与微通道集成，提供从宏观到纳米的路径，使研究人员能够检测和分析目标分子，如 DNA、RNA 和蛋白质。纳米线的直径非常小，可用于探针尖端。此外，基于纳米线可以制造出一种柔性纳米电子支架，该支架有望创造出可检测化学和电学变化的传感皮肤。纳米线也可能对建筑和汽车行业产生重大影响。

34. 光电子学（Optoelectronics）

光电子学是光子学的一个分支，致力于把电子学和光结合

起来传输数据。光电子学的进一步研究将为开发许多不同的光电子器件开辟道路。5D 光数据存储过程包括改变熔融石英的光学特性，使用超快（飞秒）激光写入技术创建 3D 纳米级信息记录。这些记录（“纳米光栅”）由三层纳米点组成，每个点存储一位信息。存储支架是一个经过改进的玻璃盘，对气候条件更持久，化学稳定性更好。额外的容量允许存储多达 360TB 的数据，大约是 50Gb 蓝光光盘容量的 7000 倍，热稳定性高达 1000° C，并且在室温下的寿命几乎是无限的。5D 数据存储将很快成为拥有大量历史档案的机构的宝贵资产，并有望在未来五年内被行业合作伙伴商业化。预计目前主要用于高端军事装备的光量子芯片将在几年内应用于数据中心。集成光量子研究的进展会革新光量子技术，同时保持与现有半导体芯片技术的兼容性。

35. 量子计算机（Quantum Computers）

量子计算机（QC）基于量子位元（称为量子位元）工作，量子位元可以表示为 0、1 或由量子力学调节的这两个态的任何量子叠加态。尽管有多家公司声称生产量子计算机和量子编译器，但目前的技术没有为量子计算机的制造提供成熟的解决方案，而第一个原型机只能在特定问题上操作。

目前，研究工作致力于解决特定问题的量子硬件的创建。尽管如此，要实现能够运行所有现有代码的通用量子计算机，仍需要进行更多的研究。为了使量子计算机更加有效、稳定和便宜，必须进行大量的研究工作，并解决与量子相干和低温工作有关的问题。

36. 量子密码学（Quantum Cryptography）

无论服务于个人通信、电子商务或网上银行交易，通过互

联网交换的机密信息都必须受到保护，防止通过加密、使用称为密钥的数字密码进行黑客攻击。量子密钥分配位于量子密码学的核心，它使用量子粒子（电子、光子）安全地建立双方之间的共享密钥。量子密钥分配系统利用了量子力学中的一个基本原理：观察量子粒子会自动改变其特性。因此，总是有可能检测量子粒子是否已经被观察到，表明安全漏洞。如果发生这种情况，密钥将被丢弃，另一个密钥将被发送，直到双方确定没有其他人观察到密钥为止。

2017 年 9 月，科学家们实现了一个技术里程碑，他们演示了在北京和维也纳之间举行的世界上第一次使用量子加密的洲际视频会议。由于技术原因，此前量子通信仅限于几百公里，但 2016 年发射的中国卫星“墨子”号打破了这个限制。上海和与其相距 2000 公里以外的区域之间都配备了光纤通信设备，与地面 500 公里以上的轨道进行通信，这项基础设施是世界上第一个天地量子网络。中国量子技术处于全球领先，目标在 2030 年建立全球量子网络。未来尽管对量子技术的应用仍然受到限制，但量子密钥很可能会用于保护极其敏感和关键的数据。

37. 自旋电子学（Spintronics）

自旋电子学是一个新的研究领域，研究电子自旋对导电的影响。传统的电子设备基于在电路周围分流电子，自旋电流是电流的自旋电子学等效物，与电流不同的是，自旋可以在静止电子之间转移，它们可以在没有实际移动的电子的情况下流动，自旋电子学包括“研究电子（更一般地说是核）自旋在固态物理中所起的作用”。

电子自旋可用于电、光、声音、震动和热的能量之间的转换。这种在不同能量形式之间切换的能力可以适用于各种各样的设

备，自旋电子学的一个潜在应用是允许声音向一个方向流动而不是相反方向流动的音频设备。

四、生物交叉学科（Biohybrids）

38. 生物降解的传感器（Biodegradable Sensors）

生物降解电子器件是一种寿命有限的电子元件，可通过水解或生化发生反应。这种装置可作为医疗植入物，用于临时体内传感、药物输送、组织工程、微流体等，通过生物或化学过程自然降解的材料通常用于食品和药品包装。可降解电子产品可以使设备更智能，例如温度或化学监测。

目前，电子产品的预期寿命可能只有几个月，废弃电子产品对生态产生的影响令人担忧，使用生物降解或有机电子材料可以解决该问题。这种材料为可完全生物降解、生物相容性/生物可代谢性的电子产品开辟道路，这些设备可能会在其生命周期结束时溶解，一方面这将抑制电子垃圾的产生，另一方面使医疗植入物的开发成为可能。

39. 芯片实验室（Lab-On-A-Chip）

芯片实验室将化学分析等实验室功能集成在一个微小尺寸的设备中。快速脓毒症检测目前是芯片实验室一个非常重要的应用。由于诊断不及时会导致患者得脓毒症，每一分钟对抗生素治疗都很重要。目前正在开发芯片实验室系统分析患者血液样本，以检测可能导致脓毒症的微生物，并减少抗生素的不当使用。芯片实验室技术有望通过更好、更快速的诊断改善医疗水平，特别是在医疗基础设施落后的地区。同时，该技术可以使患者在监测自身健康方面发挥更积极的作用。

40. 分子识别（Molecular Recognition）

分子识别可以看作是对分子间相互作用的研究。从医学角

度来看，分子识别决定了一个化合物是否具有临床性质。基于分子识别的生物传感应用的纳米材料对临床条件特别重要，其中识别成分可以是酶、DNA、RNA、催化抗体、适体和标记的生物分子。

目前分子识别技术在便携式设备诊断、电反应诊断、药物筛查方面都有不同程度的运用。从长期看，分子识别是构建生命过程的基石之一。作为一个发展中的领域，它将革新医学。

41. 生物电子学 (Bioelectronics)

生物电子学是利用生物材料或生物体系结构来设计和制造信息处理机械和相关设备的技术。这一领域利用生物燃料电池、仿生学和用于信息处理、信息存储、电子元件和执行器的生物材料。该研究领域的重要方向是生物材料和小型电子设备之间的互补性和相互作用。

研究人员开发受生物启发的材料和硬件架构，以用于新型传感器、执行器和信息处理系统。该领域的其他用途包括原子尺度的分子制造、生物器官与电子设备之间更好的连接，这可能推动人类在假肢、人机集成、仿生学等领域的进展。也将为健康建模、监测和细胞发育研究开辟新的前景。

合成 DNA 作为一种存储介质，比大多数当代尖端替代品要紧凑数百万倍。另一方面，活体存储系统不仅可以用来存储数据，还可以用来记录人类细胞、组织或工程器官中的事件和过程。

42. 生物信息学 (Bioinformatics)

生物信息学是一个新的研究领域，它结合了生物学、数学和计算机科学等多个学科的方法、技术和数据。它的目标是开发新的工具来绘制和分析生物有机体的数据。生物信息学的用途包括识别候选基因和核苷酸，目的是更好地了解疾病的遗传

基础、独特的适应性、理想的特性，或种群之间的差异。

目前生物信息学的主要进展在生物杂交领域，生物杂交通常指人工成分和至少一个生物成分的组合。这类技术可以应用于从健康到纳米技术、机器人甚至消费品（如新鲜农产品）等大量领域。生物杂交技术也将在未来的机器人中得到应用，它使得机器人动作更加精确，这将使机器人能够得到广泛的应用。同时，通过将该技术与生物学相结合，可以复制组织或器官，从而帮助人们更好地了解人类生理学或设计新药物及药物递送方法。

43. 植物通讯 (Plant Communication)

植物通讯是指植物和其他生物之间的交流，不管是同一种还是不同类型的植物、土壤和昆虫，还是更复杂的生物。目前有研究团队正在探索将植物作为传感器的方法。对植物通讯的深入研究可能会有潜在的应用前景。

五、生物医学 (Biomedicine)

44. 基因编辑 (Gene editing)

基因编辑也被称为“基因组工程”，它是 DNA 被插入、删除、修改或替换到生物体的基因组中的工具。通常的编辑方法是通过工程核酸酶(分子剪刀)在基因组中的靶点产生断裂双链。这些断裂双链通过非同源端接口或同源重组进行修复，结果是靶向突变。

目前基因编辑在基因工程领域产生了一场革命，虽然以细菌为基础，但它几乎适用于所有活细胞和生物体，它为防治艾滋病、癌症和遗传性疾病提供了新的可能性，也为育种植物和动物提供了新的可能性。

基因编辑将进入许多不同的应用领域，其中大多数前景仍

然无法预想。在构想新用途时需要很多创造力，并且需要考虑很多道德和法规问题。

45. 基因治疗 (Gene Therapy)

基因治疗的重点是基因突变，基因突变使其产生异常蛋白质。除了变异，基因治疗的基本原理是，缺陷基因被治疗基因（也称为功能基因）取代或灭活，这种基因通过病毒或“裸 DNA”进入人体。

基因治疗成为可行的技术能力正在扩大，但基因治疗的成熟度和大规模采用的复杂性仍待观察，此外政策和各种伦理困境的解决也很重要。

46. 抗生素药敏试验 (Antibiotic Susceptibility Testing)

抗生素耐药性是全球人类健康面临的最严重的风险之一，这就意味着要面对多方面挑战，包括：感染预防、新抗生素的开发以及对抗感染的替代方法、限制过度使用和确保有效性治疗。在未来，一旦确定了感染的原因，医生将可以在现场决定是否采用适当的抗生素治疗，以及哪种抗生素最有效。

47. 生物打印 (Bioprinting)

生物打印是 3D 打印的一种特殊应用，它使用聚合物或基因工程的生物材料生产组织和器官，其中一些组织和器官可植入人体。生物打印的优点是材料的个体适应性较好并且具有较少的副作用，包括植入物排斥反应。

目前一种 3D 打印系统已经被提出，它可以将活细胞打印成人体尺度的骨骼、肌肉和耳朵组织。由于这样打印出来的物品使用了聚己内酯的生物相容性合成聚合物，所以其结构稳定。

未来，首批 3D 打印的人体器官将无排斥地移植，既满足了等待器官患者的巨大需求，也满足了那些想替换其有故障器官

患者的巨大需求。从长远来看，“人体芯片”模型可能会生成用于植入的各种类型组织，以利用患者自身体内的细胞修复受损的器官。

48. 基因表达的控制（Control of Gene Expression）

基因表达是一个基因的核苷酸序列被用来指导蛋白质合成和产生各种细胞结构的过程。通过了解如何控制基因表达，科学家们希望破解每个基因在人类和动物发育中的作用。

早期研究通过发现胎儿对疾病的易感性，并以某种方式操纵细胞，使未来的有机体组织健康，以推动辅助生殖和再生医学领域进步。

基因组的不稳定性和基因改变对疾病的发展有推动作用，加速与年龄有关的病理，并促进组织变性和器官衰竭。通过研究人体对基因表达的控制，可以预见人的衰老程度和速度。在胚胎发育和多功能干细胞生物学阶段控制基因表达可能会彻底改变辅助生殖和再生医学。

49. 药物输送（Drug Delivery）

药物输送是指给人或动物施用治疗剂或药物复合物，以达到治疗效果的一种治疗方法。药物传递技术的进步通常是为了提高药物的功效和吸收程度，同时减少其副作用。纳米材料和新材料正在彻底改变这个领域。

提升药物输送能力将导致药物更快达到其目标，副作用会越来越来减少，并在必要时停用或重新激活。通过把药物嵌入正确类型的设备中，它们还将为患者和治疗师提供信息。这样的治疗方案通过减少患者在医院花费的时间，从而大大降低了治疗成本。

50. 表观遗传技术（Epigenetic Change Technologies）

表观遗传技术指的是基因功能的可遗传变化，而这些改变

并不需要 DNA 序列的改变。尽管实验表明一些表观遗传变化是可逆的，但“表观遗传”一词已经包括在不改变 DNA 序列的情况下改变基因活性的过程，并导致可传递给子细胞的修饰。

目前有一些证据表明，许多疾病和各种健康指标都与表观遗传机制有关，包括多种癌症、认知功能障碍、呼吸系统、心血管、生殖、自身免疫和神经行为疾病。

充分了解表观遗传机制将有助于开发新的诊断方法、生物标志物和治疗方法。从长远来看，表观遗传技术的应用可能会对人类产生不可改变的、持久的影响。它会影响人类的生活方式和食品、农业等其他领域，特别是对健康的影响最大。

51. 基因疫苗 (Genomic Vaccines)

基因疫苗是由 DNA 或 RNA 合成的非蛋白疫苗，可促进人体免疫力提升，预防传染性疾病的扩散。它是在基因治疗 (genetic therapy) 技术的基础上发展而来的。

DNA 疫苗的前景非常稳定，便于大量生产且易于运输。当基因组疫苗成为常态时，由于持续时间长，涵盖了广泛的病原体，并且很容易适应后者的突变新形式，因此需要的免疫次数更少。

52. 微生物组 (Microbiome)

微生物无处不在，它们形成的微生物群对人类健康既有好处也有坏处。受早年接触微生物和饮食等因素的影响，人与人之间的微生物组构成有很大的差异。此外人体的不同部位有不同的微生物群。虽然已经知道肠道细菌的组成对某些基因的活性有影响，但这究竟是如何发生的仍有待证实。一项新的研究揭示了一种潜在的方法，即“好的”肠道细菌可以控制人类的基因活性，并可能有助于预防结直肠癌。

微生物组已成为医学研究人员的主要兴趣。了解微生物组

的多样性并发现新的模式可以更好地了解疾病的发生原因，以及为什么在某些情况下治疗效果要好于其他情况。大数据和新的计算工具将使微生物组的宏基因组分析成为可能。

53. 再生医学 (Regenerative Medicine)

再生医学是一个新兴的医学领域，它致力于找到修复或替换因疾病、先天性问题或创伤而受损的细胞、组织甚至整个器官的方法。通过组织工程、干细胞的细胞疗法，以及人工培养的组织或器官来实现。

再生医学将专注于为细胞分化、细胞培养和组织工程开发更可靠、更便宜的方法。在未来，人类将在无需外部支持基质的情况下产生组织和器官。

54. 重编程的人类细胞 (Reprogrammed Human Cells)

重编程的人类细胞通常指免疫系统的基因重新编程的白细胞或诱导型多能干细胞，其外观类似于胚胎干细胞。最近有研究证明，可生物降解的纳米颗粒可通过对免疫细胞进行遗传编程，在小鼠模型中识别、清除或减缓白血病的进展，并使得免疫细胞仍在体内。诱导多能干细胞是一种可以直接从成体细胞中产生的多能干细胞。就像胚胎中自然产生的干细胞一样，它们可以成为任何其他类型的细胞，可以发育为皮肤、神经、肌肉或几乎任何其他细胞类型。

55. 靶向细胞死亡途径 (Targeting Cell Death Pathways)

癌症是全世界人类死亡的主要原因之一。2012 年，新发癌症病例 1400 万例，癌症相关死亡 820 万例，预计在未来 20 年内，这些数字将翻一番。与目前的治疗方法相比，靶向触发不同类型细胞死亡的关键调控分子可能是一种更有效、毒性更小、更不容易产生耐药性的癌症治疗方法。

识别新的细胞死亡机制并尝试协同激活和控制多种细胞死亡途径是一种新兴对抗癌症的方法，预示着癌症治疗有效性的重大飞跃。同时它有望减轻或解决困扰该领域的某些毒性和耐药性问题。

（编译：江晓波 黄诗愉，责任编辑：王达）

文章来源

https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research_and_innovation/knowledge_publications_tools_and_data/documents/ec_rtd_radical-innovation-breakthrough_052019.pdf



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 47 期（总第 475 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 8 月 30 日

面向未来的 100 项颠覆性技术创新（二）

〔编者按〕在研发和创新相关政策规划时，及时了解掌握能够对全球科技和经济发展具有重大影响的技术突破显得尤为重要。欧盟委员会发布《面向未来的 100 项重大创新突破》（*100 Radical Innovation Breakthroughs for the future*）报告，为所有关心科学、技术和创新决策的人们提供了战略资源。该报告通过对最新科学技术文献的大规模文本挖掘，结合专家的咨询评论，筛选了 100 项可能对全球经济产生重大影响的颠覆性技术。本文对其主要内容进行摘编。

六、印刷与材料（Printing & Materials）

56. 2D 材料（2D Materials）

2D 材料由原子级薄层材料组成。目前的研究主要集中在由不同的 2D 材料层所构成异质结性质，以及它们在光伏、半导体、集光器件和后硅电子等领域的应用。通过了解 2D 材料异质结构，发挥半导体结构的能力，为纳米电路和可穿戴设备的开发铺平

了道路。2D 磁体可以解决最令人难以置信的科学问题，开启超薄型计算机的时代，此外 2D 材料在传感和数据存储方面也具有潜在的应用前景。

57. 食物 3D 打印 (3D Printing of Food)

3D 打印的食物商业化成为主流，目前看来，它真正的潜力可能在于美食领域，专业人士可以通过 3D 打印发明新的食物，并进行实验；在医疗环境中，帮助有进食困难的人。

未来，食物 3D 打印和原料可以按时生产，直接使用。几乎所有菜肴都可以“打印”，而不是烹饪。缺少的成分可以在需要的位置和时间以基本粉末的形式打印出来，质量和口味每次都保持不变，没有偏差。食物 3D 打印大大简化了食物的制作过程，同时也能帮助人们制作出更加营养、健康而且有趣的食品。

58. 玻璃 3D 打印 (3D Printing of Glass)

玻璃的独特性能通过快速原型制造玻璃物体的前景一直引人注目。玻璃 3D 打印的最新进展为快速制作玻璃零件提供了解决方案，该技术使用的是熔融玻璃，一旦打印完成，几乎不需要后期处理。

玻璃是一种必不可少的高性能材料，独特的功能使其应用于生物技术、光学、光子学和数据传输等领域。玻璃 3D 打印的进步为实验室级设备的制造铺平了道路，也为内部生产带来了便利，它使得技术人员可以获得更接近于成品的成果。艺术表现也可以通过复杂几何结构的实验而达到新的境界。

59. 大型物体的 3D 打印 (3D Printing of Large Objects)

无论产品设计大小，3D 打印技术的最大优势之一就是制造商能够控制物体物理形态的每一个方面——物体的形状可以通过特殊的软件进行优化。在不久的将来，不仅小型设备，大型

物体或超大型物体的主要部件都将可以进行 3D 打印。大型物体可以通过特殊的设计软件进行优化，以使材料和功能适应环境的要求。

60. 4D 打印（4D Printing）

4D 打印技术是指由 3D 技术打印出来的结构能够在外界激励下发生形状或者结构的改变，直接将材料与结构的变形设计内置到物料当中，简化了从设计理念到实物的造物过程，让物体能自动组装构型，实现了产品设计、制造和装配的一体化融合。4D 印刷品如果暴露在刺激物（加热、光照、水、磁场）下，会随着时间的推移自我变换形状或性能变换。

4D 打印的形状记忆聚合物将极大地影响健康行业。4D 打印还可用于组织工程、自组装生物材料、纳米粒子的设计以及用于化疗的纳米机器人。在能源工业中，将来会在太阳能电池板上使用形状记忆材料，用于检测阳光并相应地自动旋转的传感器的制造。

61. 水凝胶（Hydrogels）

水凝胶是具有高吸收性（包含 90% 以上的水）的天然或合成聚合物。由于它们的含水量较高，表现出“与自然组织相当的柔韧性”，水凝胶通常作为分子和细胞物种的载体，能够总结细胞/组织发育过程中的动态信号。由于其仿生性，水凝胶是生物医学应用的主要材料，如药物输送和干细胞治疗。一般来说，制造水凝胶需要一系列前体材料之间的化学反应和相互作用。

水凝胶在医学领域具有广阔的前景。不久的将来，水凝胶将为急救工作提供基础支持，使患者能够达到自我修复。随着技术的进一步发展，治愈性软体机器人将可以接触生物体的细胞，并在微观和亚微观水平上进行手术。

62. 超材料 (Metamaterials)

超材料是由多个单独的纳米元素组成的人造组件。澳大利亚研究人员在纳米材料中发现了新特性，为制造热光伏电池开辟了新的前景，热光伏电池可以在黑暗中收集热量并将其转化为电能。该团队利用金纳米结构和氟化镁创造了一种超材料，可以在精确的方向上辐射热量，并在特定的光谱范围内发出辐射。不久的将来，超材料将用于制造超轻卫星天线、传感器和光伏电池。在控制成本的情况下，超轻型天线可以连接到卫星，并使其绕过有线的本地互联网基础设施。热光伏电池可以从红外辐射中获取能量，不需要阳光直射，可以补充甚至取代太阳能电池，成为重要的可再生能源。超材料的高可配置性将用于制造抗损伤材料，例如超材料制造的衣服会感知可能的损坏并调整织物表面以保护穿着者。

63. 自愈材料 (Self-healing Materials)

自愈材料通过对微损伤反应的修复 / 愈合机制来检测退化。一般来说，这些材料是人工制造的，可以被认为是“智能结构”，它们根据其综合“传感”能力来适应各种环境。这种技术可以应用于任何领域，例如海上风力涡轮机，或者飞行中的飞机和卫星。

随着技术的不断发展，自愈材料只要加水就可以修理破损的牛仔裤。当智能手表、笔记本电脑和手机受到人为破坏时，它会自动修复显示屏上的裂缝。这些设备的电池还将具有更长的使用寿命，这归功于它们的自我修复特性。

七、突破资源边界的技术 (Breaking Resource Boundaries)

64. 生物塑料 (Bioplastic)

生物塑料指以淀粉等天然物质为基础在微生物作用下生成

的塑料。它具有可再生性特性，因此十分环保。这些包括玉米、大米、马铃薯、棕榈纤维、木薯、小麦纤维、木质纤维素和甘蔗渣。根据其化学成分和生物基成分的百分比，生物塑料可能是可生物降解的。生物塑料用于食品和饮料包装、医疗保健、纺织、农业、汽车或电子等不同行业。生物塑料的主要优点是它们留下的能源足迹更小，产生的污染也更少。欧盟资助项目正在研究一种可生物降解的尿布、一种可生物降解的生物活性美容面膜，以及一种纳米结构的生物相容性无纺布。塞维利亚大学和韦尔瓦大学的研究人员利用大豆蛋白开发了生物塑料，这种生物塑料可生物降解且环保，可吸收自身重量 40 倍的水。该研究团队修改了大豆的分子结构，从而改变了吸收特性，使其保留的水分比平时多三倍。通过将蛋白质的固体浓缩物注入模具，他们创造了试管，并应用于园艺。由王新龙领导的一组研究人员开发了由可降解生物塑料制成的电子元件。开发的电子产品是由一种叫做聚乳酸（PLA）的玉米淀粉衍生的生物塑料制成的，通过将金属有机骨架纳米粒子与这种生物塑料混合，他们成功地开发出机械、电气和阻燃特性的材料，可用于电子产品。

塑料行业正致力于开发利用自然界中发现的天然原料来生产生物塑料的新方法。生物塑料在许多不同领域都有很高的需求，这种材料将有很多新的应用前景。

65. 碳捕获与封存（Carbon Capture and Sequestration）

碳是地球上生命的重要元素。人类活动产生的二氧化碳是导致气候变化的主要温室气体之一，管理二氧化碳是我们这个时代最大的社会、经济和政治挑战之一。为了避免碳流失到大气中，碳被收集起来储存，并在高二氧化碳排放源处进行处理，例如各种工业和碳基发电厂的烟囱。空气捕集技术可以从环境中的任何

地方去除空气中的碳，二氧化碳通过吸收和膜气体分离技术从空气或烟气中分离出来。捕获的二氧化碳或提取的碳可以以矿物形式储存，因为它与金属氧化物会发生放热反应。在其他情况下，可以通过管道输送到其他地方使用，例如注入老油田开采石油。

空气捕获与碳存储相结合可以实现双重功能。碳捕集与利用减轻了碳存储所带来的一些问题和成本，一旦减缓气候变化的成本增高，碳捕集技术就可能吸引来自汽车和飞机等分散碳源关注。但是这些技术也非常昂贵，存在一定风险，而且实际效果尚不清楚。

66. 海水淡化 (Desalination)

海水淡化是从水中除去各种盐的过程。传统上是通过蒸馏、电解和过滤实现的。由于技术成本较高、能耗高，目前它们只能将水分解，或者使其达到沸点或者冷凝，通过化学物质过滤来清洗污染的膜，实现海水淡化。新的实验表明，通过使用各种形式的石墨烯（一个原子厚的等间距碳原子层）可以实现海水淡化。氧化石墨烯膜，其孔径大小可以精确控制，可以将普通盐分从水中筛出，使其可以安全饮用。

精密过滤技术的发展对全球经济、生态系统产生巨大影响，对发达国家和新兴市场的社会层面产生巨大影响。精密过滤技术将通过提高废水工业过滤的能源效率来降低成本，使工业参与者更愿意降低其企业的生态影响。

67. 地球工程与气候工程 (Geoengineering and Climate Engineering)

地球工程关注的是整个景观的变化，比如人工湖、中国的三峡大坝工程。另外比较典型的例子是改变河床、利用山建造人工岛和日本的关西机场等。气候工程主要包括两种类型，消

除温室气体和管理太阳辐射。最近，减少温室气体排放和社会承受气候变化能力的问题备受关注。未来在全球范围内需要对地球工程和气候工程进行治理和监管。

68. 超级高铁（Hyperloop）

超级高铁是目前正在开发的运输系统，一种以“真空钢管运输”为理论核心的交通工具，具有超高速、高安全、低能耗、噪声小、污染小等特点。它将使用加压吊舱载客，也可以在真空钢管中运载货物。吊舱由一个电动直线电机通过一个隧道或管道（低压环境）逐步加速。吊舱通过磁悬浮快速上升到轨道上方，由于空气阻力低，实现超高速滑行。

超级高铁可以帮助缓解交通压力，不受交通事故和天气因素的影响，带来稳定、可靠的通勤体验。

69. 塑胶食虫（Plastic – Eating Bugs）

聚对苯二甲酸乙二醇酯（polyethylene terephthalate, PET）是全球最常见的制造产品之一，也是不可生物降解的，随着这些塑料垃圾堆积在我们周围，已经造成严重的环境问题。由于将PET转化成油是一个复杂的过程，科学家们开始寻找能够代谢或消化这些物质的方法，将其转化为可生物降解的产品。日本研究人员通过分析从土壤和废水中收集的以PET塑料残骸为食的细菌，发现了这个物种并将其命名为 *Ideonella sakaiensis*。这种细菌似乎只吃PET，并且仅利用两种酶，就能将其分解。

最近研究发现，塑胶食虫可以快速降解塑料垃圾，甚至可能变成天然肥料来喂养土壤，大大减少城市污染。

70. 分解二氧化碳（Splitting Carbon Dioxide）

二氧化碳是一种废气，一种积聚在大气中的温室气体，直接导致全球气候变化。目前正在使用不同的碳捕获和储存方法

来降低大气中的二氧化碳含量，从而降低其影响。目前需要做的不是储存，而是通过分离直接使用二氧化碳，以及从储存地点分离二氧化碳。

科学家正在寻找将二氧化碳分解和转化为燃料的方法。具体而言，他们正在研发新型廉价催化剂材料。同时，将这项技术与可再生能源装置相结合，能够减少大气中的二氧化碳含量，还能将太阳能直接存储为液体燃料。

71. 备灾技术 (Technologies for Disaster Preparedness)

随着自然灾害的数量不断增加，许多沿海城市的水灾风险也显著上升，因此自然灾害带来的环境危机值得关注，预测灾难技术也是研究的方向。诸如地震、海啸、火山爆发、泥石流等自然灾害的预防是非常重要的。此外，应急系统、救援机器人、救援系统和公民信息系统需要不断完善。一方面是情景预防，另一方面是技术的突破。

备灾的关键方面是社会复原力，即暴露在危险中的社会能及时有效地抵御、吸收、适应和恢复的能力。需要在不断变化的环境中采用不同的方法，而不是修复系统的先前状态。技术本身对社会复原力的贡献微乎其微，主要取决于社会结构的能力。处理复杂性和不确定性的能力成为新的挑战，意味着为未来任何突发情况做好准备。

72. 水下生活 (Underwater Living)

人类在水下生活的想法被认为是人类未来的一个潜在的重要部分，是作为地球表面因为人口过多或因为灾难而无法居住的一种替代方案。自 20 世纪 60 年代初以来，各国已经设计、建造水下栖息区。法国海洋建筑师 Jacques Rougerie 设计的水上探索平台 “Seaorbiter” 正在渐渐成型，这是世界上第

一个垂直海洋船舶。英国设计师菲尔·波利 (Phil Pauley) 发布了一个关于海底设施的设计方案，该方案名为“次生物圈 2 号” (Sub-Biosphere 2)，这座海底设施拥有 8 个栖息区。朱尔斯的海底小屋 Jules Undersea Lodge 海底小屋位于美国佛罗里达州基拉戈岛，于 1986 年建成，是美国最早的水下酒店。

由于陆地上的住房空间稀缺，因此越来越多的沿海陆地被开发用于居住。预计第一批海底栖息地将位于海岸附近，为越来越多的人提供生活条件，并在气候变化导致海平面上升时使用。

73. 废水养分回收 (Wastewater Nutrient Recovery)

废水养分回收是从废水流中回收氮和磷等营养物质，并将其转化为用于生态和农业用途的环保肥料。养分回收是废水处理领域的一个突出发展方向。生物技术、再利用和再循环技术带来了各种经济、环境和社会效益，有助于降低成本、节约能源、保护环境和改善客户服务。人们正在尝试开发更多的技术来从废水中回收不同的资源，资源越稀缺，回收投资越大。大规模利用废水作为资源将是真正的突破。

74. 小行星采矿 (Asteroid Mining)

小行星采矿 (Asteroid Mining) 是从围绕太阳运行的相对较小且密度较大的天体(即小行星)中提取有价值的物质的过程。随着地球矿产资源的枯竭，一些重要材料将越来越难以在地球上开采，小行星将提供重要材料的储备。有些是值得运回地球的，例如：金、铌、银、钨、钽、铂、铼、铈、钕或钨等。其他的可以用于太空建设，例如：铁、钴、锰、钼、镍、铝或钛等。一家加利福尼亚公司展示用于小行星探测的小型低成本航天器。该计划是为该飞船配备收集有关小行星组成和“挖掘能力”数据的仪器。印度正计划在月球南侧启动对核材料的探索。

八、能源 (Energy)

75. 生物发光 (Bioluminescence)

生物发光 (Bioluminescence) 是指生物体发光或生物体提取物在实验室中发光的现象。生物发光需要一种叫做荧光素和氧的分子，它们相互反应时，会产生光。生物发光在一些昆虫、真菌、细菌和海洋动物中被发现。研究人员目前正在尝试将生物发光技术应用于生物学、医学和光生产中，他们正试图将生物发光转移到细菌、植物或哺乳动物等不同生物上，以更好地了解不同生理过程，并开发新的成像和研究技术。同时，科研人员正在开发新的光源，以减少当前全球能源消耗。

76. 能量收集 (Energy Harvesting)

能量收集是一种利用能量收集器从其周围环境中获取能量的技术。尽管收集能量不大，因为这种小能源所产生的电力比大型设备要少得多，例如太阳能电池板应用于大型热源的热电装置，但捕捉到的能量足以满足大多数无线、遥感、人体植入、射频识别、可穿戴设备的应用。捕捉环境能源的技术包括：设计用于从振动和变形中提取能量的机械装置；从温度变化中提取能量的热装置；从光、无线电波和其他形式的辐射中获取能量的辐射能装置；以及利用生化反应的电化学装置。

有研究人员已经证明从活体动物的心脏中获取生物力学能量并将其用于无线电数据传输的可行性。美国陆军研究实验室的科学家开发了一种纳米电镀铝基粉末，该粉末与水结合产生化学反应，产生氢气，而氢气又可用于为燃料电池供电。这种合成材料自发地将水分解成氢。在测试过程中，他们还观察到，当使用尿液作为水源时，化学反应发生的速度是用水的两倍。

高效的能量收集技术可保证各种系统最少的维护，并为周

围环境可用的物质提供动力。

77. 收集甲烷水合物 (Harvesting Methane Hydrate)

甲烷水合物是水分子与甲烷于低温高压形成类似冰状的物质，只在地下沉积物中自然存在。对于依赖进口天然气、煤炭和石油来满足大部分能源需求的国家而言，甲烷水合物矿床是未来有前途的能源来源。

大多数天然气水合物沉积物都位于海面以下，只能通过钻井平台和深海钻井船才能到达。由于甲烷是不稳定的且易燃，甲烷泄漏到空气中，会造成更多的温室效应，是风险技术之一，目前还不具备可用的技术来大规模收集这种能量。

78. 氢燃料 (Hydrogen Fuel)

氢的重力能量密度大约是化石燃料的三倍，非常适合于内燃机。氢气在大气中以放热的方式燃烧，释放出水、过氧化氢和少量氮氧化物。氢作为燃料在氢燃料电池（一种电化学电池）中，氢气与氧气发生反应产生电子流，这些电子流可以作为电流收集到外部电路中。因此，氢燃料电池是碳基燃料的替代能源，对环境没有影响。

目前，有国际研究小组利用掺入二氧化钛光催化剂的光敏蛋白质从水中制取氢气。当光催化剂溶解在水中并在阳光下与铂混合时，氢就会释放出来。研究小组还在白光下观察到了非常高的氢气产量，发现用微波炉激活大量的碳氢化合物时，它们会迅速释放出大量的氢。

伯克利实验室的研究人员用石墨烯片嵌入了镁纳米晶体。镁纳米晶体不受氧气、湿气和污染物的影响，同时让氢分子通过。这些石墨烯包裹的镁晶体充当氢的“海绵”，为吸收和储存氢气提供了安全的方式。

79. 海洋和潮汐能技术 (Marine and Tidal Power Technologies)

海洋为人类提供了大量的可再生能源。最先进的潮汐流和海洋面临着相当大的障碍。在不同的前瞻性调查中，海洋能源可以大规模收集能源，值得我们关注。

欧盟采取了一系列政策举措，以确保海洋能源技术在短期内具有成本竞争力。为了收集大量的能量，开采波浪能似乎是最有效的方法。从长远来看，新的发电机技术所收集的能源量也会增加。

80. 微生物燃料电池 (Microbial Fuel Cells)

微生物燃料电池是一种利用微生物将有机物中的化学能直接转化成电能的装置。微生物燃料电池就像任何标准燃料电池一样，由一个质子交换膜隔开的阳极室和阴极室组成。细菌生长繁殖，形成密集的细胞聚集体（生物膜），粘附在微生物燃料电池的阳极上。细菌作为活性生物催化剂替代了昂贵的过渡金属催化剂，通过氧化有机底物产生二氧化碳、质子和电子。质子通过微生物燃料电池传导到阴极室，电子通过外部电路从阳极流向阴极，从而产生电能。

细菌在空气、土壤、植物、藻类、动物和灰尘中无处不在，也存在于城市、制造业和农业废弃物中。废弃物可以通过微生物燃料电池转化为清洁能源。由于微生物燃料电池的效率低、成本高，微生物燃料电池技术仍处于发展阶段。

微生物燃料电池的最大优势是它可以通过处理废弃物和清洁能源减少对环境的污染。该技术仍然面临障碍，大规模的研究工作是必然的。

81. 熔盐反应堆 (Molten Salt Reactors)

熔盐反应堆是采用溶有易裂变材料且处于熔融状态下的熔

盐作为核燃料的反应堆，它是以非常热的氯化物或氟化物形式存在的熔盐混合物。液态熔盐既可以作为产生热量的燃料，也可以作为将热量输送到发电机的冷却剂。理论上这使得汽水分离再热器的设计比采用固体燃料和水冷却剂的常规核反应堆更简单、更安全。

熔盐反应堆在上世纪 50 年代和 60 年代在美国橡树岭国家实验室研发，但到了 70 年代，由于一些非技术因素的原因被中止。随着材料及零部件技术发展，液态氟化钍反应堆研发复苏，全球包括法国、美国、印度及中国正在开展液态氟化钍反应堆研发设计，尤其是在日本核电事故后，各方的关注热度上升。

熔盐反应堆的支持者称其本质上是安全、可持续和高效的。与传统反应堆不同的是，固态燃料棒的融化会导致不受控制的裂变，并产生灾难性的影响，熔盐反应堆是按设计熔化的。此外，研究表明，钍基熔盐反应堆技术可以对放射性废物进行热燃烧，从而缓解核储存问题。

中国斥资 220 亿元人民币在甘肃武威建造两座熔盐核反应堆原型，这些反应堆被设计成熔盐反应堆技术的试验台，目前正在测试中。使用钍作为主要燃料具有经济意义，中国拥有世界上最大的钍元素储量。

在寻求清洁、高效的能源过程中，熔盐反应堆面临可再生能源和聚变反应堆等新兴技术的竞争。

82. 智能窗（Smart Windows）

智能窗可利用太阳能能源转化为电能，并在玻璃板之间调节进入室内的能量从而使室内温度保持在合适的范围，既改善了生活质量，又降低了能耗。智能窗是一种由玻璃或其他透明材料和调光材料所组成的调光智能器件，在一定的物理条件下

（如光照、电场、温度），这种器件发生着色或褪色反应，改变自身的颜色状态，从而有选择性地吸收或反射外界的热辐射和阻止内部热扩散，达到调节光强度和室内温度，从而实现节能的目的。

目前某些大型办公楼和其他具有玻璃外墙的大型建筑可以利用太阳光获取能量，这将减轻建筑物的能源费用和企业的碳足迹。智能窗一旦开始大规模生产，对“智能家居”设计至关重要。

83. 热电涂料（Thermoelectric Paint）

热电是通过将温差转换成电压，反之亦然，然而，热电材料必须应用于作为热源的物体上，达到发电的效果。热电涂料通常被用于平坦表面物体上，传统的热电设计在这些情况下效率较低。目前，柔性热电材料在可穿戴设备等产品上表现出很好的效果，也产生了额外的设计/效率限制，而液体或粘胶材料对于所有类型物体表面都是理想的。

热电涂料可以利用任何热源发电，还可以保护内部空间免受外部热量的辐射，从而减少了额外的冷却需求。热电涂料未来可用于建筑物或车辆表面，从而节省大量的能源。

84. 水分解（Water Splitting）

水分解（Water Splitting）是将水的化学成分分解成氢和氧的组成元素的过程。这一转化过程对清洁能源具有重要意义。水分解可以为氢的广泛使用开辟道路，氢气既是零排放燃料，又可以大规模地有效储存，水分解技术将改善对可再生能源的获取。目前，实现水分解的方法虽然有很多种，但技术复杂，效率不高，实施成本非常昂贵。

水分解技术可能改变人们看待能源生产和消费的方式。利

用太阳能电池板或风力涡轮机的电力，能够轻松地生产氢气，将大大减少人类活动的碳足迹。此外，氢气可大量储存，能够显著提高现有技术的效率。

85. 机载风力发电机 (Airborne Wind Turbine)

追求更清洁、更便宜的能源以跟上当今社会的消费率的竞争中，利用风能等无穷无尽的资源似乎是一个新的方向。与传统的地面涡轮机相比，机载风能系统通常要小得多，使用的材料也更少，而且它们更容易移动并部署到孤立的定居点或遭受自然灾害的偏远地区。与传统的风力发电相比，生产空中风能的成本要高得多，即使相关试验取得成功，也可能需要五年或更长时间才能将第一个功能系统商业化。

86. 铝基能源 (Aluminium-based Energy)

作为现有技术的补充和可能的替代品，目前大多数研究将铝用于发电和储能。铝是地壳中含量最丰富的金属，铝材料轻而有韧性，能源工业将从锂材料转向铝，在生产可充电电池等存储系统方面具有明显的优势。除了在建造轻型结构方面的重要作用外，未来铝还可用于开发新的、更高效的光伏电池或热系统。

铝电池是锂离子电池的替代品竞争中的强力候选者，在了解铝与各种化合物相互作用的电化学性质方面将会继续取得科学进展。

87. 人工光合作用 (Artificial Photosynthesis)

人工光合作用是模拟光合作用的自然过程，将阳光、水和二氧化碳转化为碳水化合物和氧气的化学过程。在燃料消耗和二氧化碳含量产生的背景下，既能降低二氧化碳含量又能发电的人工光合作用是该领域研究的重点。人工光合作用成本较低，大大减少对化石燃料的使用和需求。

九、社会领域的重大创新突破 (Radical Social Innovation Breakthroughs)

88. 协同创新空间 (Collaborative Innovation Spaces)

用于传递知识和创新的新形式正在兴起，通常是一群熟练的技术人员聚集在一起，称为“创客空间”“黑客空间”或“创新实验室”，大家可以在其中交流和共享。协同创新空间可以在任何地方出现，包括学校、图书馆和社区中心等，不同的地点提供不同的资源，从 3D 打印机到合成生物学。在过去的十年中，创客空间在全球范围内广受欢迎，用户报告的数字显示近 1400 个活跃空间，是 2006 年的 14 倍，在东京，创客文化与该市 3D 打印和数字制造服务的兴起相互交织，在美国，特别是图书馆通过转变为创客空间来加强其作为社区中心的作用。

89. 游戏化趋势 (Gamification)

游戏化是在非游戏背景下应用游戏设计元素和游戏原则来提高用户参与度、组织力、学习、众包、招聘和评估等。越来越多的年轻人玩虚拟游戏并因此习惯于接受这种训练，越来越多的公司启动了游戏化项目。学习型游戏在企业中得到了应用，并且他们越来越多地投资于学习型游戏。在线学习也部分采用基于游戏的学习形式。可汗学院 (Khan Academy)，是由孟加拉裔美国人萨尔曼·可汗创立的一家教育性非营利组织，主旨在于利用网络影片进行免费授课，现有关于数学、历史、金融、物理、化学、生物、天文学等科目的内容，教学影片超过 2000 段，机构的使命是加快各年龄学生的学习速度。目前，在美国已经有一个使用游戏促进健康的特定联盟。成人和儿童的体育活动率已经急剧下降，游戏公司支持全国性的体育教育活动，这一

浪潮始于 WII Fit 游戏，通过使用智能手表、手环或手机来监测健康数据。

90. 共享经济 (Access/Commons-Based Economy)

互联网的兴起从根本上降低了合作成本。在线社交网络的使用极大地促进了共享信息和数字产品的意愿，音乐和书籍等越来越多商品的数字化扩大了共享的可能性范围。

共享是互惠互利的社会行为，有助于扩大享受共享资源好处的圈子。互联网使新型共享实践成为可能。大多数人认为，这种协调各种动机的价值创造形式特别适合解决复杂的社会问题。

91. 读写文化：多元化的信息控制者 (Read/Write Culture: diversifying information gatekeepers)

人们通过社交媒体，不仅能够分享，而且能够操纵、转换和生成视频博客和在线直播等数字内容。哲学家劳伦斯·莱辛 (Lawrence Lessing) 称之为“读 / 写文化”，而不是“只读文化”，即信息或产品由“专业”来源提供给被动的消费者。

公众话语越来越具有矛盾的信息特征，“真相”越来越受到争议，对信息的信任正在侵蚀。在互联网上，故事以不断创新的方式被无休止地复制、更改、重新混合、回收和重新组合。由于知识产权的斗争，音乐产业受到严重破坏，媒体、娱乐和教育等其他产业正在发生迅速变化。

92. 重塑教育 (Reinventing Education)

获取新知识的结构在机构层面发生了变化。提供培训和学习新平台和方法的参与者数量呈指数增长，它不再局限于正规教育机构。从事教育活动的参与者的多样性在不断增加，为人们在生活中不同时刻进行培训和再培训提供了许多新的机会。越来越多的技术和软件公司正在为实践培训创建平台。

93. 自我量化 (Body 2.0 and the Quantified Self)

自我量化是鼓励用户通过收集日常生活的各个方面的数据来更好地了解自己。早期的概念是人本主义计算 (Humanistic Computing)，可以追溯到上世纪 70 年代，那时就已经有通过穿戴式传感器 (Wearable sensors) 以人的行为、生理信息为对象的研究。量化自我意味着通过可穿戴设备、智能手机应用程序或独立的传感器，对人体进行永久性监测，并对个人的身体功能进行近乎医疗的监测。

94. 无车城市 (Car-free City)

目前，至少有 7 个汽车依赖度高的大城市开始实行无车化。越来越多的城市开始在某些街区淘汰汽车，例如成都、哥本哈根、汉堡、赫尔辛基、马德里、米兰和巴黎，无车城市主要依靠公共交通、步行或骑自行车在市区内运输。无车城市极大地减少了对石油的依赖、空气污染、温室气体排放、汽车撞车、噪音污染和交通拥堵。国内外越来越多的城市开始淘汰汽车。许多国家和城市甚至制定了新的法律来加速这一趋势。

95. 新的记者网络 (New Journalist Networks)

记者在特定目标上共同努力，以揭示新闻真相并为各种全球性的事件寻找证据，他们在全球范围内与报纸记者或自由职业者合作。新的记者网络节省资源，采用新的方式传播新闻和寻找证据。

96. 本地食物圈 (Local Food Circles)

粮食圈关注的是促进安全、区域种植的食品消费，这将鼓励可持续农业，并帮助农民、发展农村地区。意味着我们必须彻底改变我们参与种植和消费食物的方式。

全球工业化食品系统引起了人们对食品安全、健康以及社

会和生态可持续性的关注。在美国和欧洲，区域性支持的农业计划正在蓬勃发展，粮食消费者可以直接与农民建立联系，并在农贸市场购买产品。

97. 拥有和共享健康数据（Owning and Sharing Health Data）

大型数据库已经由不同的机构、公司、组织托管，其数据具有不同的聚合规模。在瑞士，新的数据所有权模式是以合作的形式组织起来的。个人健康数据越来越有价值，在保障数据安全的前提下，可以用于研究，并且个人可以从提供数据中直接受益。

98. 替代货币（Alternative Currencies）

替代货币可以是数字（通常称为加密货币）或非数字货币。随着信用卡和加密货币的使用不断增长，世界范围内越来越多的无现金交易用于支付任何种类的服务或产品。金融交易是通过交易双方之间的信息转移（通常是货币的电子表示）进行的，而不需要实物纸币或硬币形式的货币。交易的计算可以用加密货币进行。欧洲和其他一些国家正在讨论是否放弃现金交易。

99. 基本收入（Basic Income）

保障最低收入（Guaranteed minimum income）或“基本收入”是一种社会福利制度，以保障公民或家庭能够有足够的生活收入。基本收入是指政府向全体公民提供相同的收入，以满足人民的基本生活条件。有了基本收入，人们就可以投入在科学、医疗、教育等领域中。在芬兰，无论就业如何，公民都可以获得基本收入，这项为期两年的计划将为 2,000 名年龄在 25 至 58 岁之间的失业公民提供每月 560 欧元（581.48 美元）的基本收入。

100. 生命缓存（Life Caching）

生命缓存意味着收集、存储和展示一个人的整个生活细节供私人使用，或供朋友、家人甚至整个世界披阅。数以百万计

的人们正在数字化索引他们的思想、喜怒哀乐、图片、视频剪辑；他们中的大多数人以新的方式上网，公开他们日常生活中的虚拟缓存，生命缓存的目的主要是保存记忆。

（编译：江晓波 黄诗愉，责任编辑：王达）

文章来源

https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research_and_innovation/knowledge_publications_tools_and_data/documents/ec_rtd_radical-innovation-breakthrough_052019.pdf



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 48 期（总第 476 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 9 月 28 日

经合组织呼吁各国加强科技创新政策协调 以利于全球共同应对新冠疫情

〔编者按〕2020 年 7 月，经合组织发表题为《科学技术与创新：怎样进行国内协调才能有助于全球应对新冠肺炎疫情》（*Science, technology and innovation: how co-ordination at home can help the global fight against COVID-19*）的政策简报，介绍了一些国家为应对新冠肺炎（COVID-19）疫情采取的支持科技创新的政策措施，并列举了科技创新政策协调工作较好的国家。

一、国家科技创新政策的协调至关重要

世界各国政府都在寻求快速有效的应对新冠疫情危机的对策，并寻求有效方法来协调各政策领域的研究创新计划。面对突发公共卫生事件，各国采取了非常合理的优先措施，对疾病诊断、治疗、疫苗和缓解影响（包括社会和经济影响）等方面的研究和创新给予优先政策支持。加强政策协调可以使这些举措更加有效。

全政府协调机制（包括各级政府内部和各级政府之间）通过集聚资源用于共同目标，以弥合部门决策和政策差异，促进跨部门协调一致相互支持。然而，政策协调一致仍然是政府面临的最久远、最普遍的挑战之一，而面对诸如气候变化、老龄化社会或传染病大流行等系统性问题，使应对这一挑战变得更加困难。

在新冠肺炎疫情危机期间，有两个因素使政策协调变得特别具有挑战性：一是不确定性。尽管有大量的信息和科学建议，人们对于病毒如何传播以及如何治疗仍然没有共识，对潜在疫苗的了解更是少之又少。因此，决策者必须在不断变化甚至相互冲突的证据中做出决定。二是紧迫性。当面对类似新冠肺炎疫情这样必须采取紧急措施的突发情况时，部门决策者们往往未经过充分协商或信息交换就采取行动；许多科研人员没有经过审核就将之前获取的研究基金转向新冠肺炎研究。

政府内部加强政策协调有助于政府更好地应对新冠肺炎疫情，如减少重复性工作，维持行动力度，确保持续探索潜在解决方案，更加重视新冠肺炎研究资助计划。总之，在当前新冠危机背景下，政府可以通过更加积极主动的科技创新政策协调而获得以下好处：

一是减少应对新冠肺炎的重复性工作。抗击新冠肺炎的紧迫性促使许多国家的政府发起了许多紧急通知和应急举措（例如，征集研究项目）。但如果各部委和机构之间没有适当的协调，就存在做重复工作或错失机会的风险，从而导致进展缓慢和经济效率低下。

二是对新冠肺炎的潜在解决方案进行更广泛、更可持续的

探索。在大量病原体和候选疗法、疫苗和诊断方法的潜在影响高度不确定性的情况下，科技活动可能会过于迅速地汇聚到少数早期效果显著的解决方案中，这不利于筛选出更有潜力的替代方案。

三是使新冠肺炎应对方案更容易获得资金支持。不同部门和机构针对新冠肺炎疫情发起一连串的研究计划，使得科研人员难以看清全貌。而通过部门协调后集中发布资助项目信息，可以使资源在项目、研究团队和资助方之间有效配置。

四是科技创新系统各组成部分的一致支持。科技创新系统不仅为新冠肺炎疫情危机提供了解决方案，同时也深受新冠病毒破坏经济的影响。对于科技创新体系的整体协调有助于全面了解新冠肺炎疫情对于该体系各个组成部分的影响，从而可以采取更有效、更有针对性的应对措施。

五是增加合作和成果利用机会。新冠肺炎疫情爆发后，通过简化程序迅速启动的许多受资助的研究和创新计划将在未来两到六个月产生成果。不同机构发起了一系列抗击新冠肺炎疫情的计划和倡议，然而这些计划或倡议未经过国家和国际层面的协调，可能会导致项目之间缺乏协作、信息交换不足、互不兼容、数据质量低等问题。

六是在各科技创新优先事项之间更有效地分配预算资源。由于全力抗击新冠疫情病毒的巨大政治和社会压力，使科技创新预算过于集中在新冠肺炎方面，从而有损于其他领域（包括其他疾病领域）投入计划。

经济合作与开发组织（OECD）创新政策评估所的多份研究表明，实现科技创新政策协调有多种方法，例如，日本由内阁办公室领导的自上而下的战略协调，挪威机构层面的协调。应

对新冠疫情没有唯一最佳方案，只能根据每个国家的机构设置进行针对性调整，以便协调相关科技创新活动。

二、各国协调科技创新政策应对新冠疫情的措施

一些国家采取积极措施进行政策协调，包括三个方面：协调科技创新政策与其他政策领域，协调各类研究计划，协调沟通各类信息和资助机会等。

（一）协调科技创新政策与其他政策领域

许多国家一开始由卫生部门领导应对新冠肺炎疫情，然后逐渐建立跨部门机制来促进卫生部门与其他部门协调行动。这些机制包括不同的活动组合，旨在控制、延迟和减轻病毒危害，机制的具体构成取决于该国的战略及其当前的公共卫生状况。科学家们通过提供必要的科学建议来支持这些政策框架中的决策过程。

以往传染病疫情发生之后，世界卫生组织要求成员国建立专门机构并制定防治方案以应对传染病大流行，欧盟成员国也负有类似的义务。涉及多部门和多伙伴协调机制的全政府机制是帮助各国制定国家级“准备和响应”计划的关键支柱。

许多国家还设置了专门机构和专门计划，以协调科技创新体系内部的活动，特别是减少研究、创新和健康政策主管部门之间的隔阂。从合作网络和工作组，到各部门联合征集创新项目和综合计划，这些工作的范围和重点各不相同，典型国家包括爱尔兰、南非、巴西和加拿大。

爱尔兰正在采取的国家行动计划是通过跨政府的方法来应对新冠肺炎疫情，其做法是创建一个专门的跨领域行动框架，该框架专门致力于提升科研界支持快速决策的能力。具体措施包括，与证据综合中心合作开展的专门研究计划，为欧盟委员

会资助的爱尔兰研究人员提供保障，以及呼吁资助机构合作征集研究项目。

南非国家指挥委员会下设了一个跨部门研究小组委员会，负责协调全国性的新冠肺炎研究框架，调动各机构资金，重新制定新冠肺炎研究的优先领域，创建有利的伦理和监管框架。

巴西创建了 MCTIC 病毒网络，该网络包括来自多个部委和资助机构的代表。该网络旨在帮助各部委整合与新冠肺炎相关的研究和创新工作，确定研究重点、开发技术等，从而帮助巴西应对新出现的病毒。

加拿大魁北克省的魁北克研究基金会、经济与创新部和卫生与保健部组成了联合工作组以协调应对新冠肺炎疫情的行动。此外，魁北克研究基金会还创建了魁北克新冠肺炎网络，将从事新冠肺炎研究的机构整合在一起，以确定行动优先顺序，加快科学发现，促进跨学科合作。

（二）协调新冠肺炎研究计划

当两个及两个以上的研究机构或理事会整合资源来征集和选择研究项目时，通常采用联合项目征集的方式，许多情况下，合作伙伴会采用简化程序。这些联合计划通常是 3 到 12 个月的短期计划，用于支持创新过程的后期阶段，例如，开发和快速制造用于检测和治疗的新技术和新服务。这种协作方式使资助筹集和分配趋于统一，避免重复和疏漏，并且扩大了资助规模和范围。在新冠肺炎疫情危机中实施协调政策的典型国家包括奥地利、爱尔兰、以色列和美国。

在奥地利，数字和经济事务部、气候行动部、环境部、交通部、创新和技术部共同发起了针对新冠肺炎的项目征集，以支持针对新冠肺炎检测、疫苗和药物的应用研究。

在爱尔兰，爱尔兰科学基金会、爱尔兰企业局和爱尔兰投资发展局（IDA Ireland）共同启动了新冠肺炎快速响应研究和创新资助计划，以支持创新解决方案的开发。这些解决方案有望对爱尔兰当前的新冠肺炎危机迅速产生显著影响。这次联合项目征集面向所有公共或私人组织开放，且学科和项目类型不限。在遴选过程结束后，资助机构共同决定哪个机构将资助哪个项目。

以色列创新署、卫生部和社会平等部下设的数字以色列规划总部发出了联合呼吁，向以色列的各个技术公司征集用于应对新冠肺炎疫情的系统、产品或技术方案。

意大利政府启动了由三个部委和国家发展署管理的意大利创新计划。该计划使用一个通用平台征集“行动方案”，邀请企业、大学和研究机构为预防、监测和诊断新冠肺炎设备的开发和生产做出贡献。在这项计划下，政府整合了各部门的采购权限以统一选择和购买相关设备、技术和工具。

在美国，“加速新冠肺炎治疗干预和疫苗（ACTIV）公私合作伙伴关系”旨在制定协调一致的研究战略，优先和加快开发最有希望的治疗方法和疫苗。该计划由美国国立卫生研究院、美国其它相关机构、欧洲药品管理局、慈善组织和生物制药公司牵头。该计划设立了专门机构（执行委员会、特定问题协调工作组）来负责协调工作。

从长远来看，成功应对新冠肺炎疫情和预防未来传染病大流行离不开更全面的应对举措，各国正不断尝试“使命导向型创新政策”（MOIP）。这一政策在既定时间段内为达成特定目标而实施一整套经过充分协调的研究创新政策和监管措施，这些措施跨越创新周期的不同阶段，结合了供给推动和需求拉

动手段，跨越多个政策领域。例如，日本的“登月研发计划”（Moonshot R & D）旨在解决六大目标，包括 2050 年前发展出超早期疾病预防和干预能力；在澳大利亚，“基因组健康未来使命”（GHFM）旨在通过基于基因组的检测、诊断和治疗方法在 2030 年前挽救至少 20 万澳大利亚人的生命，GHFM 曾经资助了病原体基因组学研究，最近则资助了新冠肺炎研究。

MOIP 大多局限于国家层面，而一个全球性的 MOIP 将会在对新冠肺炎疫情上发挥重要作用。

（三）协调沟通资助机会

各国政府采取多种举措以提高各种资助项目的知名度。这些举措包括制定科技创新项目清单和项目关系图，打造整合全部项目信息的在线平台和门户网站。收集和传播这类信息有助于促进协调合作，从而避免重复工作，同时还能促进研究人员之间的合作。典型案例包括：

欧盟委员会启动了“欧洲研究区冠状病毒平台”。这是一个可提供关于新冠肺炎病毒科研创新基金信息的一站式在线平台，该平台还包括一个国际级项目的专门区域。

法国 REACTing 联盟是法国研究机构的多学科协作网络，其双重使命是增加对未来流行病的研究准备并协调流行病期间的研究活动。该网络特别注重监测和鼓励数据共享，促进良好实践和数据收集的标准化，协调和召集法国科研人员共同开展新冠肺炎相关研究。

意大利政府的大学和研究部启动了一项地图标记行动，该行动的目的在于收集整理大学和公共研究机构正在进行的 COVID-19 研究项目信息，以减少碎片化信息并避免重复工作。

卢森堡国家研究基金会（FNR）与领先的研究机构合作推出

了国家新冠肺炎平台。该平台使研究人员可以提交新的项目构想，浏览和讨论正在进行的项目和项目方案，以及查阅有关新冠肺炎的最新文献。

在葡萄牙，科学技术基金会、临床研究与生物医学创新局、公共及私人卫生和科研机构合作开发了“Science 4 Covid-19”门户网站。该网站汇集了创意、出版物、资助项目、举办活动和科学研究等各种信息。

（编译：郑玲，责任编辑：王楠）

文章来源

<http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/science-technology-and-innovation-how-co-ordination-at-home-can-help-the-global-fight-against-covid-19-aa547c11/>



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 49 期（总第 477 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 9 月 29 日

不同类型的 R&D 经费规模、结构及其国际比较研究

〔编者按〕随着中国经济由高速增长进入高质量发展阶段，R&D 经费投入成为支撑经济由要素驱动、投资驱动向创新驱动转型发展的基础，也是提高国家或经济体核心竞争力、促进社会经济发展和技术进步的关键。庞大的科技研发资金投入正支撑着中国成为具有重要国际影响力的科技创新大国，并向着世界科技强国的宏伟目标阔步前进。本文主要从经费规模、经费结构、经费投入强度等方面介绍了我国不同类型 R&D 经费的基本情况，并与美、日、韩、英、法等国家进行了国际比较。

随着一个国家经济水平的不断提高，科学研究与试验发展 (R&D) 活动对其经济增长发挥着越来越重要的作用。经济合作与发展组织 (OECD) 出版的《弗拉斯卡蒂手册(2015)》(Frascati Manual) 将 R&D 活动划分成基础研究、应用研究和试验发展三种类型，这也是目前被广泛应用的一种分类方式。中国 R&D 活

动的定义和分类基本参照 OECD 的标准。其中，基础研究是一种实验性或理论性工作，主要是为了获得新知识，不以任何特定的应用或使用为目的；应用研究也是一种为了获得新知识而进行的研发活动，但应用研究主要针对特定的、实际的目标或意图；试验发展是一种系统性工作，是利用从研究和实践经验中获得的知识并产生额外的新知识，这些知识旨在生产新产品、创造新工艺，或改进现有的产品和工艺。根据 R&D 活动类型的划分，R&D 经费也相应的被分成基础研究经费、应用研究经费和试验发展经费三类。

一、中国不同类型的 R&D 经费

（一）不同类型的 R&D 经费规模

1. 全国三类 R&D 经费支出规模

随着中国经济的发展和 R&D 经费投入的逐年增加，用于基础研究、应用研究和试验发展三类 R&D 活动的经费也在持续稳步上升。对比三类 R&D 活动经费支出规模和增长速度，基础研究经费支出规模最小，但增长速度最快，其次是试验发展经费，最后是应用研究经费。1991—2017 年，基础研究经费支出规模增长了 130.3 倍，试验发展经费支出增长了 129.6 倍，而应用研究经费增长了 46.6 倍。从经费规模看，1991—2017 年，我国基础研究经费由 1991 年的 7.4 亿元上涨到 2017 年的 975.5 亿元，按可比价格计算，年均增速为 15.2%；试验发展经费支出规模由 1991 年的 113.2 亿元增加到 2017 年的 14781.4 亿元，年均增长 15.2%；应用研究经费支出规模由 1991 年的 38.9 亿元上升到 2017 年的 1849.2 亿元，年均增长 10.8%。1992—2017 年间，三类 R&D 活动经费支出增速的变化趋势与 R&D 经费总支出增速的变化趋势大体相同（见图 1）。

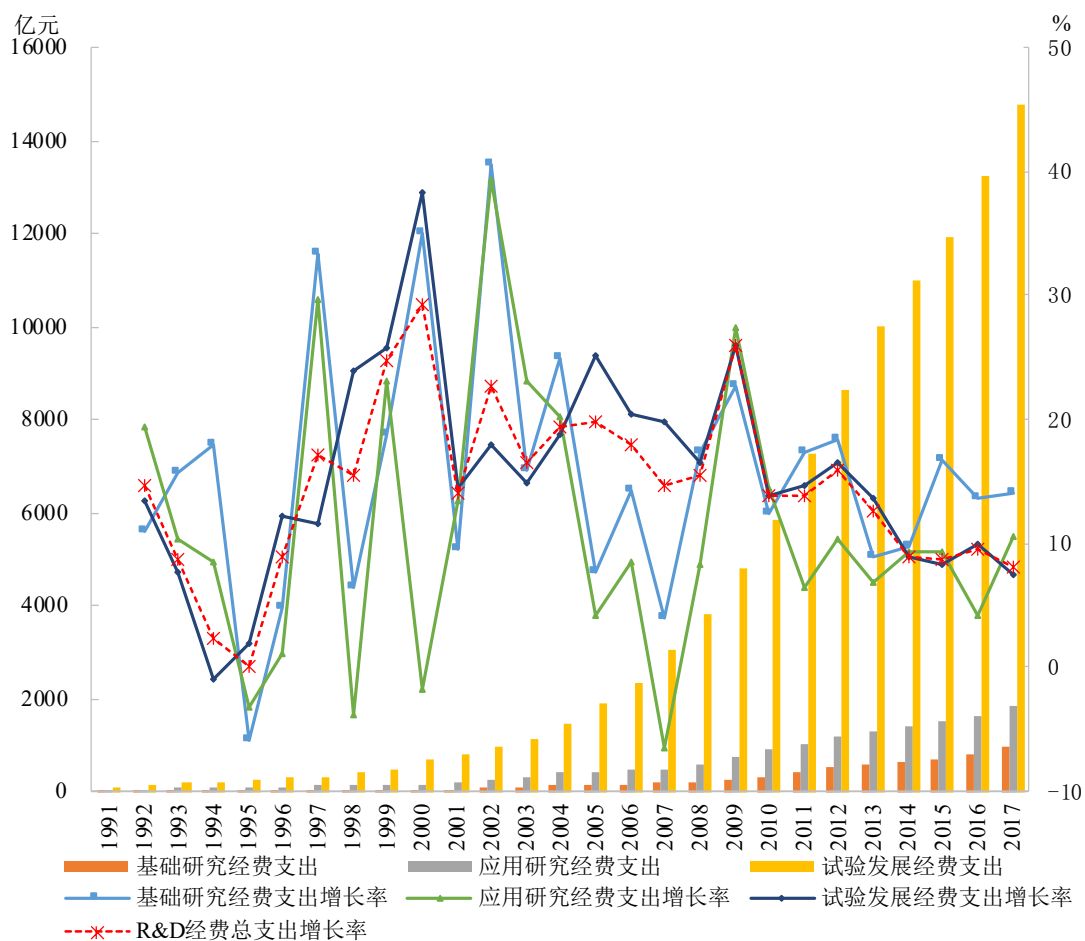


图1 1991—2017年全国三类R&D经费规模及其增长速度

注：可比价按GDP平减指数计算。1995—2017年的数据来源于《中国科技统计年鉴2018》，1991—1994年的数据来源于OECD统计数据库。

2. 分地区三类R&D经费支出规模

2017年，31个省区市三类R&D活动经费支出规模呈现出较明显的省际差异。基础研究经费支出规模前十位的地区分别是：北京（232.4亿元）、广东（109.4亿元）、上海（92.5亿元）、江苏（67.6亿元）、山东（40.5亿元）、安徽（37.0亿元）、四川（36.9亿元）、天津（33.7亿元）、浙江（31.0亿元）、辽宁（30.6亿元）。应用研究经费支出规模排在前四位的省（区、市）依然是北京（361.7亿元）、广东（215.6亿元）、上海（152.3

亿元)和江苏(129.3亿元)。但是,试验发展经费支出规模前四位的省份分别是:江苏(2063.1亿元)、广东(2018.6亿元)、山东(1612.3亿元)、浙江(1185.0亿元)(见图2)。

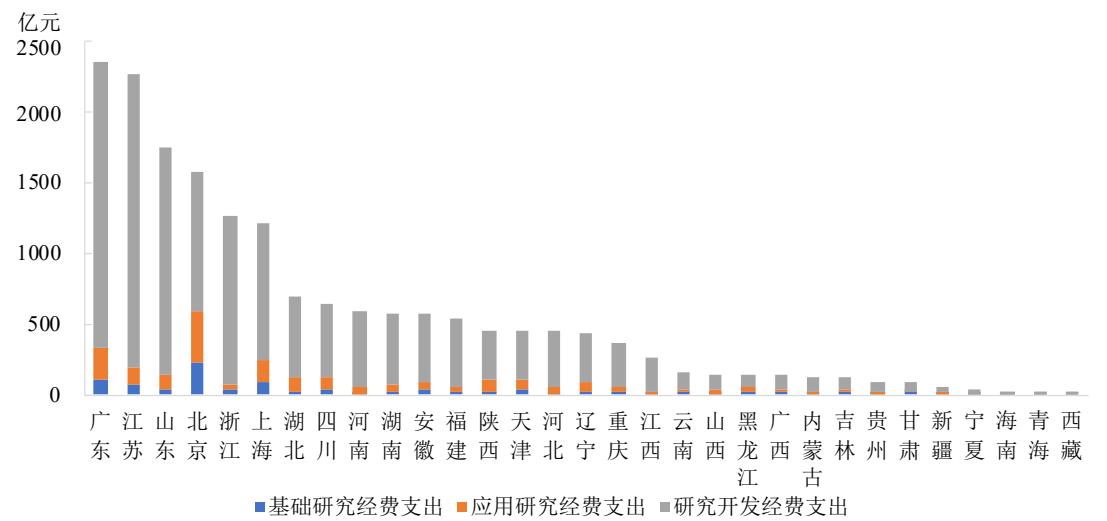


图2 2017年31个省市三类R&D经费支出规模

注：数据来源于《中国科技统计年鉴2018》。

（二）不同类型的R&D经费支出结构

1. 中国三类R&D经费支出结构

从历年不同类型R&D经费在R&D经费总支出的比重变化总趋势可以看出,试验发展经费占比最大,其次是应用研究经费占比,基础研究经费占比最低。分R&D活动类型看,1991—2017年间,中国基础研究经费占R&D经费总支出的比重比较稳定,2013年以来有小幅稳定增长,但仍保持在5%上下;应用研究经费占比呈现出先上升后下降的趋势,从1991年的24.4%上升到1997年的27.1%,随后开始逐年略有起伏地下降至2017年10.5%;而试验发展经费占比则呈现出先下降后上升的态势,从1991年的70.9%下降至1997年的67.2%,随后逐年略有起伏上升至2017年的84.0%(见图3)。

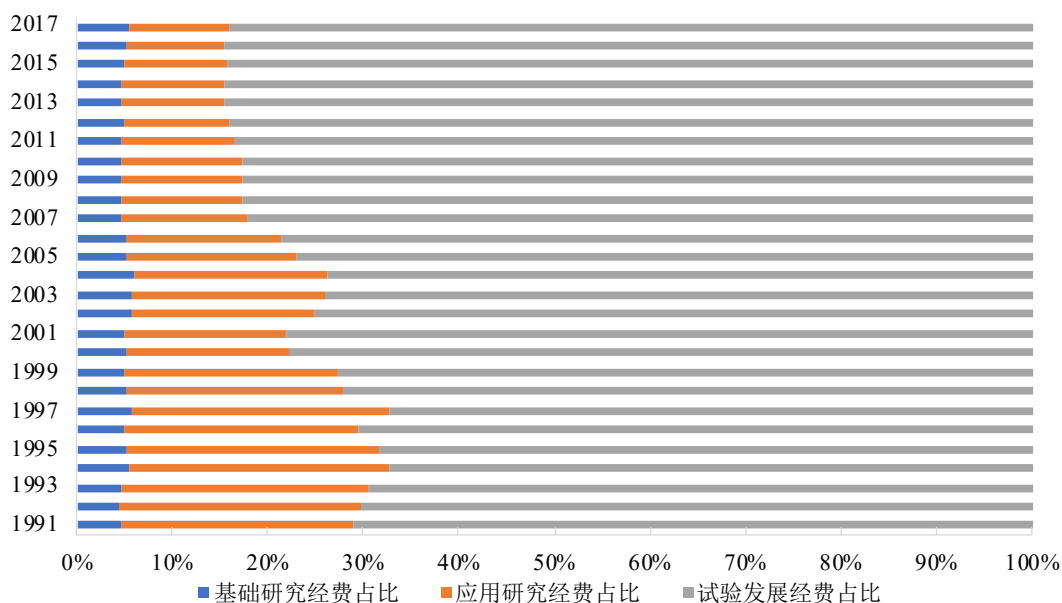


图3 1991—2017年全国三类R&D经费支出结构

注：1995—2017年数据根据《中国科技统计年鉴2018》计算得到，1991—1994数据根据OECD统计数据计算得到。

2. 分地区三类R&D经费结构

与全国的三类R&D经费结构一致的是，东、中、西和东北地区的三类R&D经费占各自R&D经费总量的比例中，占比最大的依然是试验发展经费，其次是应用研究经费，基础研究经费最低。按R&D经费活动类型划分来看，各区域三类R&D经费呈现不同的分布特征。其中，2017年，东北地区基础研究经费支出占比最高，达到10.0%，其次是西部地区，为6.9%；东部、中部地区的基础研究经费占比分别为5.4%和3.9%，均低于全国基础研究经费占比平均水平（5.5%）。与基础研究经费占比的区域分布情况相同的是，东部（9.8%）和中部（9.7%）地区的应用研究经费在本地R&D总经费中的比例也低于东北（16.5%）和西部（13.6%）地区（见图4）。

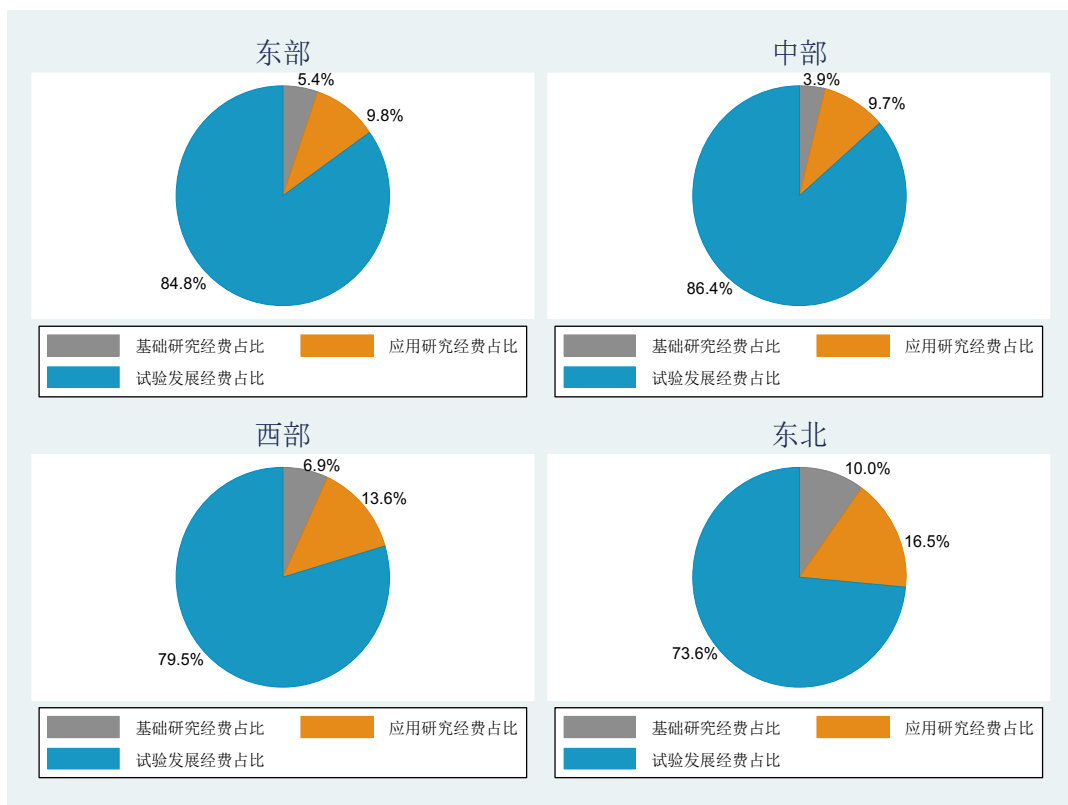


图 4 2017 年中国四大区域的三类 R&D 经费支出结构

注：数据根据《中国科技统计年鉴 2018》的经费数据计算得到。

三类 R&D 经费在中国各省区市 R&D 经费的比例特征，反映了各地区研发的侧重方面。基础研究经费支出占比差距较大，占比最高的西藏达到了 40.1%，占比最低的河南仅 1.8%，有 18 个省市的基础研究经费比重超过了全国基础研究经费在全国 R&D 经费中的占比（5.5%）。2017 年，基础研究经费支出占比前十名的省市有西藏（40.1%）、海南（30.6%）、黑龙江（15.6%）、甘肃（15.2%）、北京（14.7%）、青海（13.5%）、吉林（13.1%）、广西（12.2%）、宁夏（12.1%）、新疆（10.9%）。从各地区的应用研究经费比重来看，各省市比重也存在较大差异，比重最大的海南达到 24.1%，浙江最低，为 4.0%。排在前十位的省市分别为海南（24.1%）、西藏（23.0%）、北京（22.9%）、黑龙

江（18.8%）、陕西（18.2%）、山西（17.6%）、吉林（17.2%）、甘肃（16.1%）、青海（15.5%）、辽宁（15.5%）。从试验发展经费比重来看，12个省市的比重超过了全国水平（84.0%），分别是浙江、山东、河南、江苏、江西、福建、河北、内蒙古、湖南、广东、重庆、安徽（见图5）。

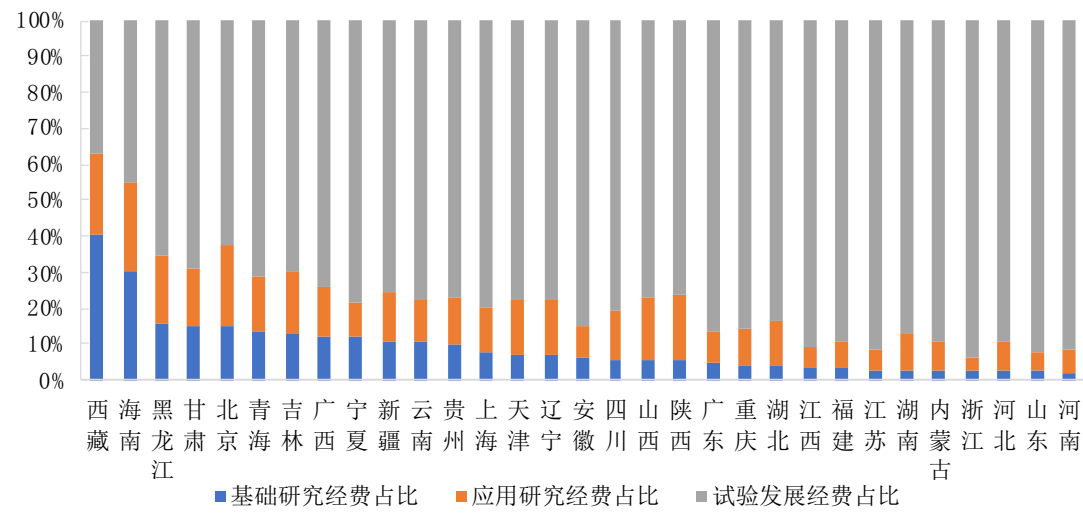


图5 2017年全国31省市三类R&D经费支出结构

注：数据根据《中国科技统计年鉴2018》计算得到。

（三）不同类型的R&D经费投入强度

1991—2017年，中国三类R&D经费投入强度变化趋势存在明显的差异。对比发现，基础研究经费投入强度最低，其次是应用研究，投入强度最高的是试验发展经费，其变化趋势与R&D经费总支出的投入强度的趋势特征相似。可见，中国R&D经费投入主要侧重于试验发展活动。

按活动类型看，1991—2017年间，中国基础研究经费投入增强幅度偏低，从1991年的0.03%增长到2017年的0.12%。应用研究投入强度的变化也较平缓，1991—2008年，基本在0.18%至0.20%范围内小幅波动，2008年后开始逐年缓慢增长到2017年0.23%。与其他两类R&D经费投入强度比较平缓的变

化趋势相比，试验发展经费投入强度增幅明显，从1991年的0.51%逐年上涨到2017年的1.80%，在这期间，试验发展经费投入强度在2005年首次破1%（见图6）。

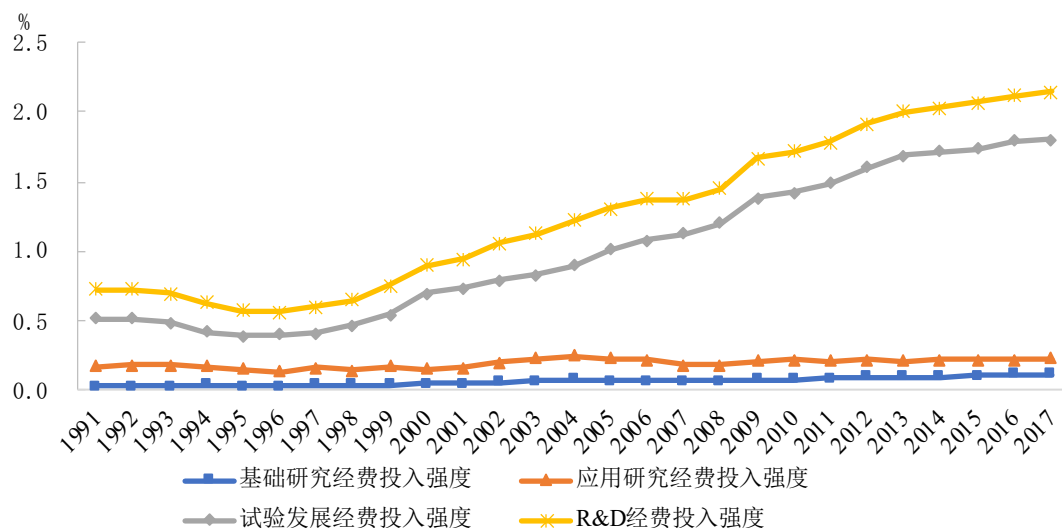


图6 1991—2017年全国三类R&D经费投入强度

注：1995—2017年数据根据《中国科技统计年鉴2018》计算得到，1991—1994数据根据OECD统计数据计算得到。

二、不同类型R&D经费的国际比较

（一）不同类型R&D经费总量

1. 部分经济体基础研究经费总量

科学技术是第一生产力，而基础研究是科技发展最重要的基石。1990—2017年，美国的基础研究经费不仅保持着逐年持续增长的趋势，而且远远高于其他国家。按年平均汇率折算，美国的基础研究经费由1990年的230.3亿美元增加到2017年的922.3亿美元，1990—2017年增长了3.0倍。2017年，美国的基础研究经费规模最大，为922.3亿美元，位居世界第一，是排在第二名的日本的4.5倍，是排在第三名的中国的6.4倍。虽然中国的基础研究经费规模与美、日两国之间还存在明显差距，但是1991—2017年，其增速最快，由1991年的1.4亿美

元增长到 2017 年的 144.3 亿美元，27 年间增长了 102.4 倍。中国的基础研究经费总量逐年缩小与英国、法国和韩国之间的差距，在 2012 年首次超过英国后继续保持上升趋势，并在 2015 年首次超过韩国，在 2016 年超过法国，成为基础研究经费规模世界第三的国家。

1990—2017 年，日本的基础研究经费规模始终保持平稳增长的态势（这与除美国外的法国、韩国、英国等国家的变化特征相似），由 1990 年的 126.0 亿美元平稳增长至 2017 年的 204.7 亿美元。与日本一样，“金砖国家”中南非和印度的基础研究经费也呈现出平稳增长的趋势，而中国的基础研究经费表现出先平稳后较快增长的趋势（见图 7）。

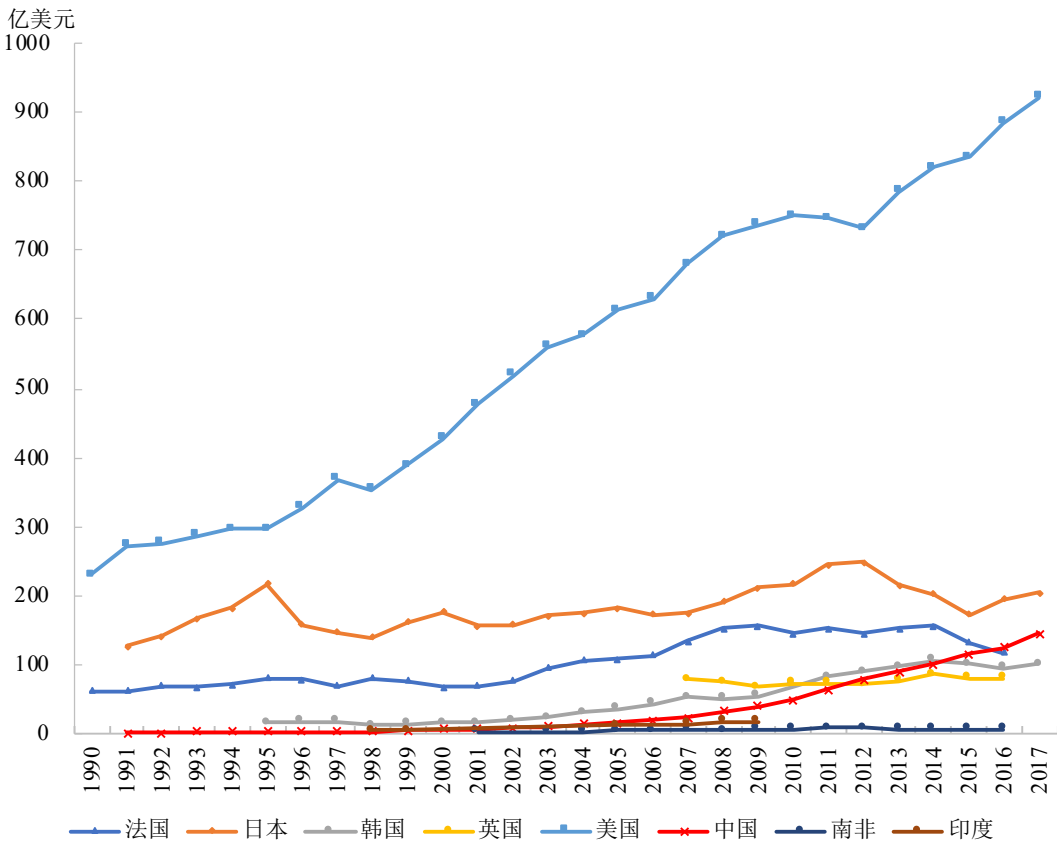


图 7 1990—2017 年部分国家基础研究经费总量

注：图中为以各国历年年平均汇率折算后的数据，来源于 OECD 统计数据库。

2. 部分经济体应用研究经费总量

1990—2017 年，美国的应用研究经费总量始终位居世界首位且保持着逐年增长的态势。2017 年，美国的应用研究经费达 1103.5 亿美元，是排在第二名的日本的 3.8 倍，是第三位的中国的 4.0 倍，是 8 个经济体中应用研究经费最少的南非（11.6 亿美元）的 95.1 倍。1990—2017 年，日本、法国、英国等发达国家的应用研究经费呈现出小幅平稳增长的态势，而美国和韩国的应用研究经费增长幅度大，增长趋势明显。中国的应用研究经费总量呈现出先平稳发展后快速增长的趋势，在经历了十多年的缓慢发展趋势后，在 2006 年后开始较快增长，并先后于 2014 年和 2015 年超过英国和法国，成为应用研究经费投入世界第三的国家。除美国和中国以外，韩国在应用研究经费规模上也呈现较明显的增长态势，其应用研究经费规模从 1995 年的 30.6 亿美元快速增长到 2017 年的 153.2 亿美元，增长了 4.0 倍（见图 8）。

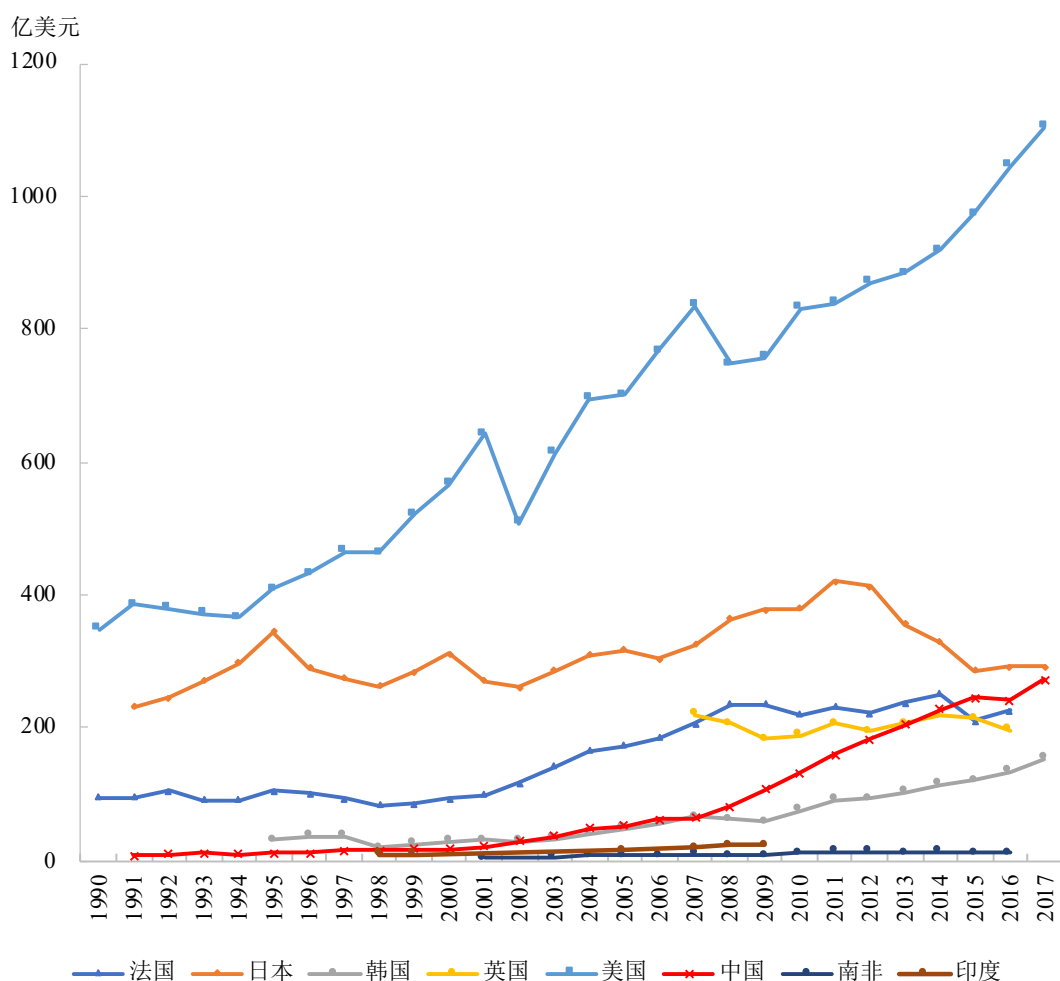


图 8 1990—2017 年部分国家应用研究经费总量

注：图中为以各国历年年平均汇率折算后的数据，来源于 OECD 统计数据库。

3. 部分经济体试验发展经费总量

美国、中国、日本和韩国的试验发展经费增长态势较明显，尤其是中国和韩国。1990—2017 年，中国的试验发展经费呈指数式增长的趋势，由 1991 年的 21.3 亿美元快速增长到 2017 年的 2187.0 亿美元，增长了 101.8 倍，中国试验发展经费总量在 2012 年超过日本，并继续快速增长；韩国由 1995 年的 76.5 亿美元增长到 2017 年的 443.0 亿美元，增长了 4.8 倍。2017 年，中国的试验发展经费规模是韩国的 4.9 倍，是日本的 2.2 倍，

约是美国（3396.4 亿美元）的五分之三。在“金砖国家”中，南非和印度的试验发展经费呈现出平稳增长的趋势，南非由 2001 年的 2.8 亿美元增长到 2016 年的 6.2 亿美元，而印度则由 1998 年的 7.7 亿美元增长到 2009 年的 25.7 亿美元，增长了 2.3 倍（见图 9）。

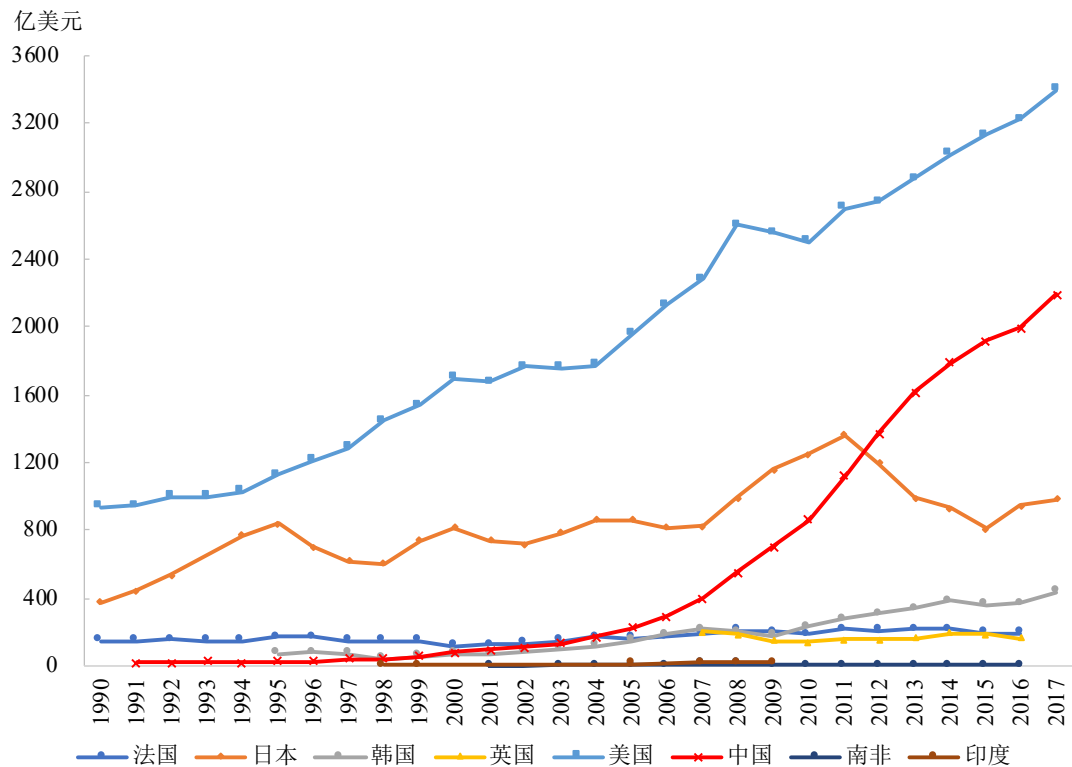


图 9 1990—2017 年部分国家试验发展经费总量

注：图中为以各国历年年平均汇率折算后的数据，来源于 OECD 统计数据库。

（二）不同类型 R&D 经费结构

比较中、美、日、韩、英、法等六个国家历年 R&D 经费在各类 R&D 活动之间的分布情况，在不同类型的 R&D 经费结构上，除英国外，其他五个国家都是试验发展占据的比例最大，其次是应用研究，最少的是基础研究。但是，这六个国家不同类型的经费比例的变化趋势又有各自特点。英国的三类经费结构比

较稳定，应用研究经费比重最高，保持在 43% 左右，其次是试验发展经费比重，维持在 36% ~ 40%，基础研究经费持续稳定在 18% 左右。法国自 1990 年以来，基础研究经费和应用研究经费在 R&D 经费总量中的占比不断增加，而试验发展的比重有所减小，形成了三类研发活动比例比较接近的格局。美国、日本、韩国的不同类型经费比例的变化趋势相似，都是试验发展经费在 R&D 经费总量中的比重在 60% ~ 70%，应用研究经费的比重在 20% 左右，且随着时间变化，基础研究经费的比重不断增加，但在 R&D 经费总量中的比重不超过 20%，除美国外，日本和韩国的试验发展经费占比略有增加，而应用研究经费占比略有下降，日本的 R&D 经费总量中还有约 5% 的经费用于三种 R&D 活动类型外的其他未记录的支出。中国的试验发展经费比重在区间年份内增幅较大，而基础研究经费占比保持在 5% 左右，明显低于其他发达国家（见图 10）。

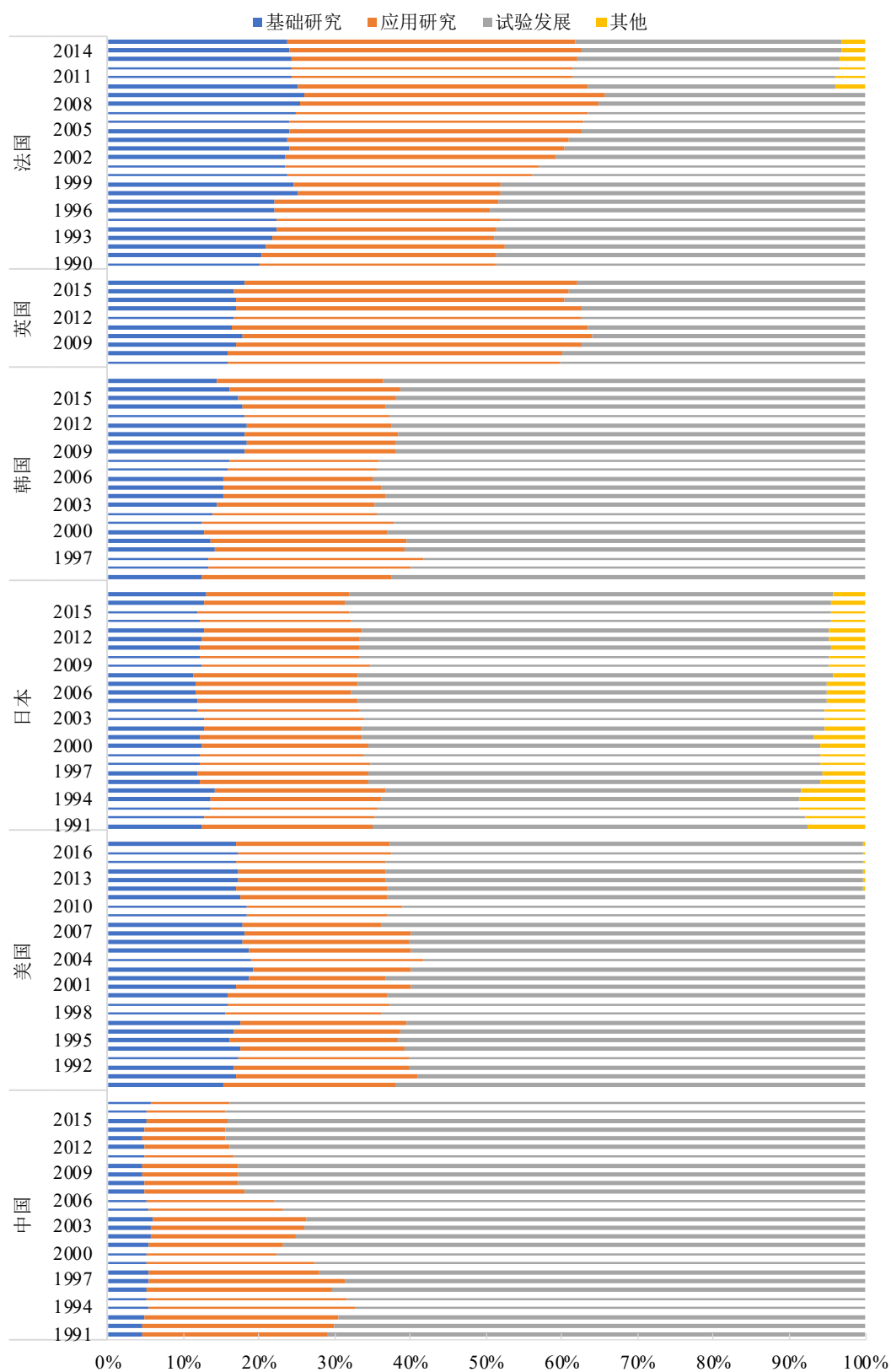


图 10 部分国家三类 R&D 经费支出结构的变化趋势

注：数据来源于 OECD 统计数据库。

（三）不同类型 R&D 经费投入强度

图 11 显示了部分国家最新统计年份的三类研究经费投入强度（即三类研究经费支出占该国生产总值的比重），并标注出了三类 R&D 经费投入强度最高的国家的投入强度数值。除冰岛、法国和英国外，大部分国家都是试验发展经费投入强度最大，远远超过其他两种类型的经费投入强度，其次是应用研究经费强度，最低的是基础研究经费强度；法国的三类经费投入强度较接近，这主要是因为法国三类 R&D 经费的投入规模以及在 R&D 经费总量中的比重均比较相近。

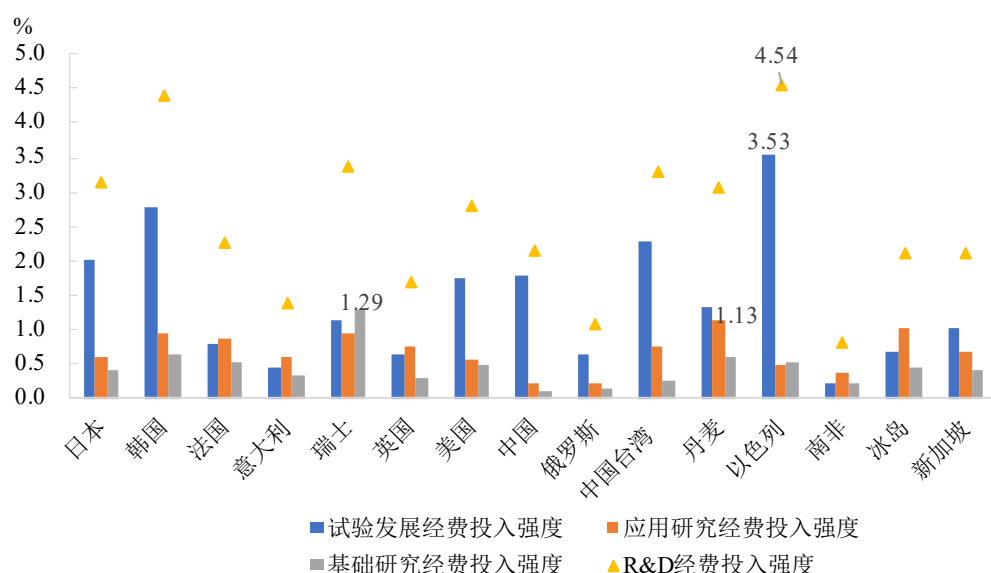


图 11 部分国家三类 R&D 经费投入强度

注：数据来源于 OECD 统计数据库。由于部分数据可获得性问题，新加坡的数据更新至 2014 年；法国、瑞士、丹麦、南非的数据更新至 2015 年；意大利、英国、俄罗斯的数据更新至 2016 年。

三、小结

我国三类 R&D 活动经费支出规模均呈现逐年持续稳步上升的态势，但基础研究经费和应用研究经费与发达国家的差距较大。1991—2017 年，我国基础研究经费增长了 102.1 倍，应用研究经费增长了 36.5 倍，试验发展经费增长了 101.7 倍，三

类经费的增长趋势明显。2017年，我国的基础研究经费规模为144.3亿美元，是排名第一美国的15.6%和排名第二日本的70.5%；我国的应用研究经费规模273.6亿美元，是美国（排名第一）的24.8%；我国试验发展经费总量为2187.0亿美元，是日本的2.2倍。对比美、日、韩、英等国，虽然我国三类R&D活动经费支出规模均呈现逐年持续稳步上升的态势，但基础研究经费和应用研究经费规模与发达国家的差距仍较大，且基础研究经费投入强度过低，应用研究经费投入强度偏低，试验发展经费投入强度过高。我国政府对基础研究的投入还有待进一步加强，且企业基础研究投入过低的情况需要尽快改善。因此，为深入实施创新驱动发展战略，推进科技强国建设必须要继续提高R&D经费投入，加强经费投入强度，因地制宜，改进R&D经费投入结构，完善R&D经费投入机制。

（作者：胡林元、黄辰、徐婕、张明妍）



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 50 期（总第 478 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 9 月 29 日

我国 R&D 经费来源与执行规模、结构的国际比较研究

〔编者按〕科学研究与试验发展 (Research and Development, 简称 R&D) 经费的来源与执行规模体现了不同机构、部门研发活动的水平和经费目标以及机构和部门之间的相互作用与合作。按照经济合作与发展组织 (Organisation for Economic Co-operation and Development, 简称 OECD) 《弗拉斯卡蒂手册》对 R&D 经费的来源与执行进行统计划分, 经费来源主要包括政府资金 (财政性资金)、企业资金、非营利机构资金、私人资金和海外资金等, 还包含小部分其他资金来源; 经费执行机构主要有企业、高等院校、研究与开发机构和其他等。需要说明的是, 中国在 R&D 经费来源和执行中均不包括私人非营利机构的经费; 同时, 中国 R&D 经费来源统计中也不包含高校和科研院所的经费, 但美国、日本等国家的 R&D 经费来源中则包括来自高校的经费。本文主要从经费规模、经费分布、经费支出等几个方面介绍了我国不同类型 R&D 经费的来源与执行

情况，并与美国、日本、欧盟等科技发达经济体进行了国际比较。需要说明的是，本文涉及 R&D 经费支出（人民币）的可比价时，均按 GDP 平减指数计算。

一、中国 R&D 经费来源与执行

中国 R&D 经费来源方主要有政府、企业、国外资金和其它资金，其中，政府和企业是主渠道。R&D 经费执行方主要有研究与开发机构、企业、高等学校和其他机构。

（一）中国 R&D 经费来源

1. 各种来源经费的规模

2017 年，中国 R&D 经费内部支出 17606.1 亿元，其中 13464.9 亿元来源于企业，占 76.5%；3487.4 亿元来源于政府，占 19.8%；国外资金来源 113.3 亿元，占 0.6%；其余 540.5 亿元作为其他资金来源占 3.1%（见图 1）。

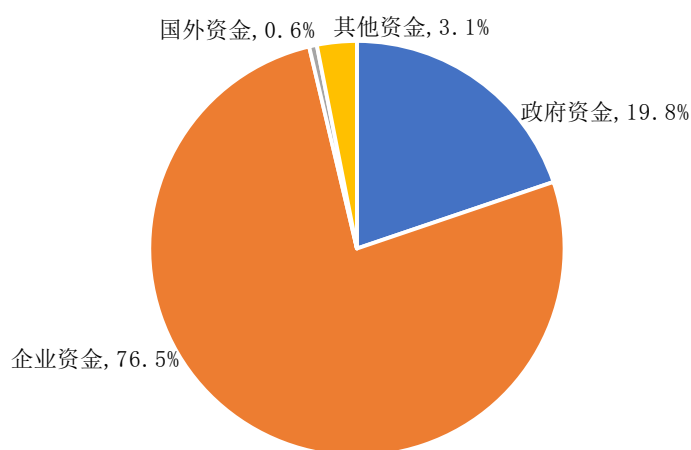


图 1 2017 年全国四种 R&D 来源经费规模占比情况

注：数据来源于《2018 中国科技统计年鉴》。

2003—2017 年，随着中国 R&D 经费支出总量的快速增长，各种来源的 R&D 经费也有不同程度的增长，其中企业来源的

R&D 经费规模和增速远超政府投入的 R&D 经费，显示出企业发挥技术创新主体作用的显著增强。四种来源经费中，企业来源的 R&D 经费规模最大、增速最快，政府资金次之，国外资金规模最小、增速最慢。按可比价计算，相比 2003 年，2017 年我国企业来源经费增长了 13.6 倍，年均增长 16.5%；政府来源经费增长了 6.6 倍，年均增长 11.2%；其他来源经费增长了 3.4 倍，年均增长 6.9%；国外来源经费增长了 2.8 倍，年均增长 5.8%（见图 2）。

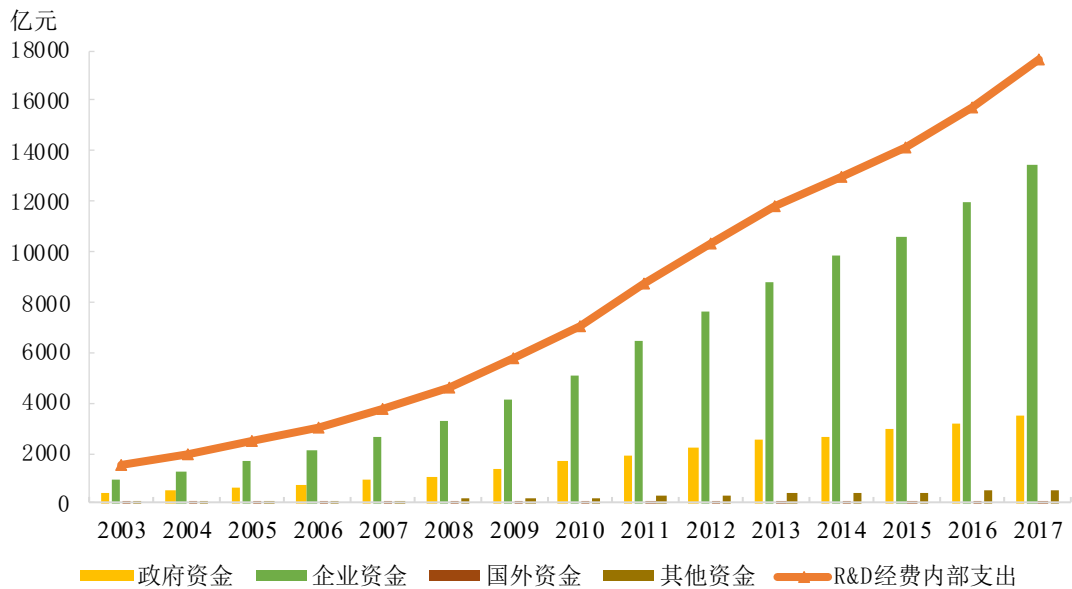


图 2 2003—2017 年全国四种 R&D 来源经费规模

注：数据来源于《2018 中国科技统计年鉴》。

2. 各种来源经费的分布

从中国各种来源经费的分布来看，企业来源经费占比最大，其次是政府来源经费，占比最小的是国外来源经费。从 2003—2017 年中国 R&D 经费来源结构变化趋势上看，企业来源经费比例逐年提升，由 2003 年的 60.1% 提升到 2017 年的 76.5%；政

府来源和其他来源的经费比例逐年缩减，其中政府来源的经费占比由 2003 年的 29.9% 下降到 2017 年的 19.8%，其他来源经费占比由 2003 年的 8.0% 下降到 2017 年的 3.1%，国外来源经费占比也略有下降，但由于国外来源经费本身占有率非常小，所以下降幅度并不明显（见图 3）。

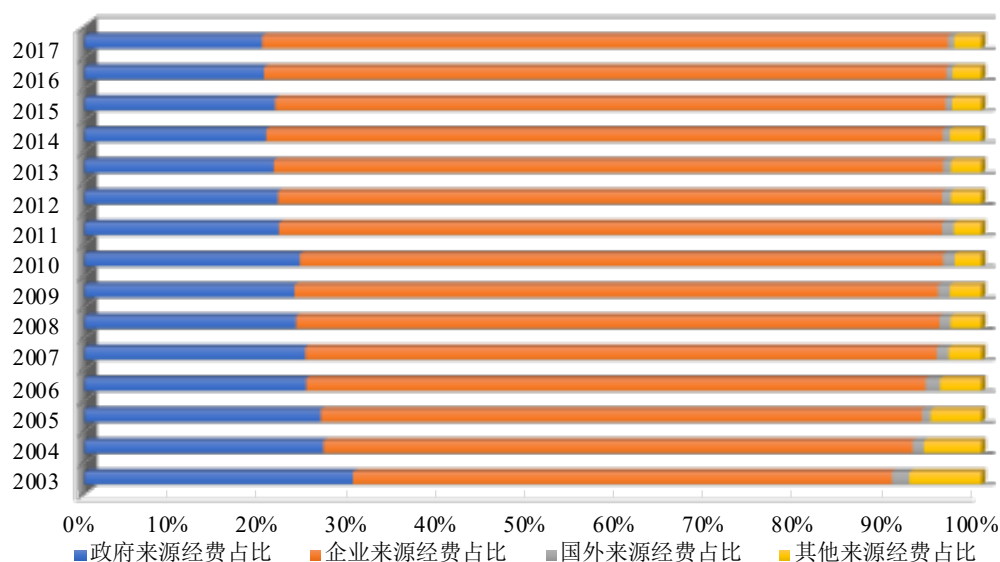


图 3 2003—2017 年全国四种 R&D 来源经费结构

注：数据来源于《2018 中国科技统计年鉴》。

（二）中国 R&D 经费执行

企业、研究机构 and 高等学校是中国 R&D 活动的主要执行部门。在过去较长的时间里，我国的 R&D 活动相对集中在政府研究机构和高等学校，但当前，企业则是我国 R&D 经费的最大执行部门。

1. 各执行部门执行的经费

从全国各执行部门执行的 R&D 经费规模来看，2017 年，企业执行的 R&D 经费规模达 13660.2 亿元，在中国 R&D 经费总规模中的比重达到了 77.6%，是研究与开发机构经费规模的 5.6 倍，是高等学校执行的经费规模的 10.8 倍；2017 年，研究与开发

机构执行的经费规模在 R&D 经费总规模中的比重为 13.8%，高等学校执行的经费规模占比为 7.2%，其他类型的机构占比为 1.4%（见图 4）。

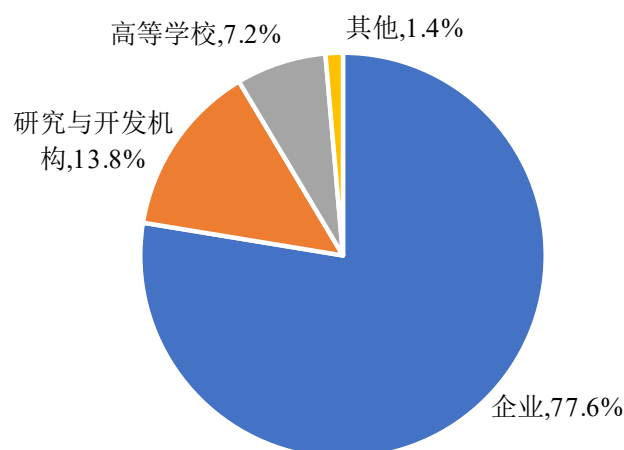


图 4 2017 年全国四种执行部门的 R&D 经费规模

注：数据来源于《2018 中国科技统计年鉴》。

2000—2017 年，各部门执行的 R&D 经费规模快速增长，平均增速均超过了同期 GDP 增速。其中，企业执行的 R&D 经费规模最大且增长速度最快，高等学校次之，研究与开发机构的增速最慢。2000—2017 年，企业执行的 R&D 经费由 2000 年的 537.0 亿元增长到 2017 年的 13660.2 亿元，18 年间增长了 24.4 倍，年均增长 16.8%；2000—2017 年，研究与开发机构执行的 R&D 经费增长了 8.4 倍，年均增速 10.2%。相比研究与开发机构的经费增速，高校执行的 R&D 经费增速更快，其经费规模由 2000 年的 76.7 亿元迅速增长到 2017 年的 1266.0 亿元，年均增速 13.9%。虽然相比其他三类执行机构来说，其他类型的执行部门执行的 R&D 经费规模较小，但其增速却比研究与开发机构高些，年均增长 10.7%（见图 5）。

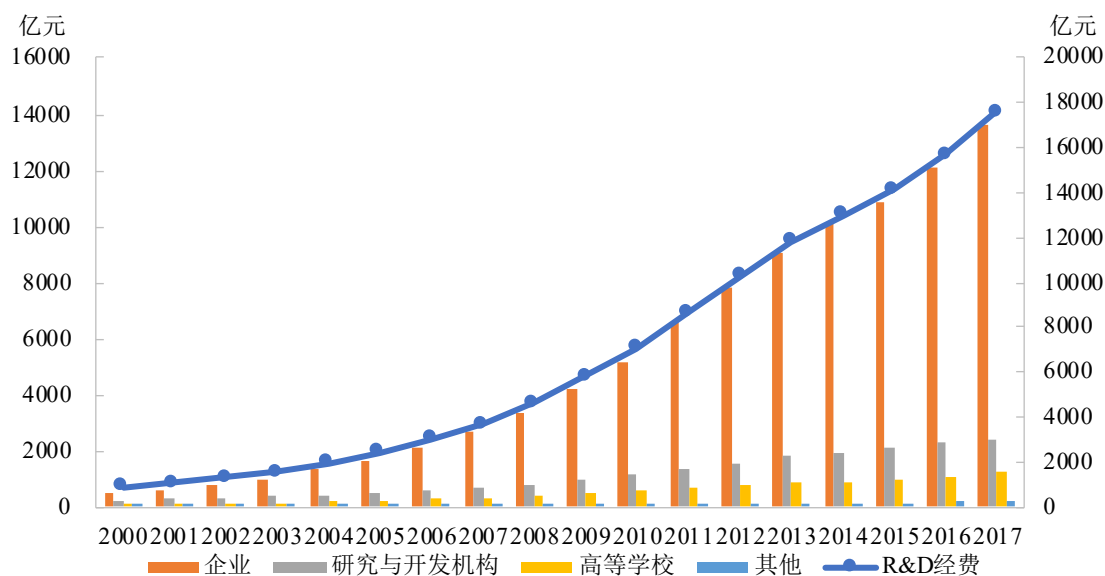


图5 2000—2017年全国各执行部门的R&D经费规模

注：数据来源于《2018 中国科技统计年鉴》。

从各执行部门在三类活动经费中的分布来看，四类R&D经费执行机构的R&D经费规模存在显著差距的同时，这四类执行机构在不同类型的R&D活动上的经费规模亦不同。从R&D活动类型来看，2017年中国基础研究经费支出中，高等学校执行的基础研究经费规模最大，为531.1亿元，占比54.4%；其次是研究与开发机构，占比为39.4%，企业仅执行28.9亿元，所占比重为3.0%。试验发展经费支出中，2017年，企业执行的试验发展经费规模最大，为13193.0亿元，在中国试验发展经费支出中的占比为89.3%；其次是研究与开发机构，占比为9.1%。在应用研究经费支出中，研究与开发机构执行的应用研究经费支出最大，为699.4亿元，所占比重为37.8%；其次是高等学校，其经费规模为623.1亿元，占比33.7%，其他类型的执行机构的经费规模最小，为88.5亿元，占比4.8%（见图6）。

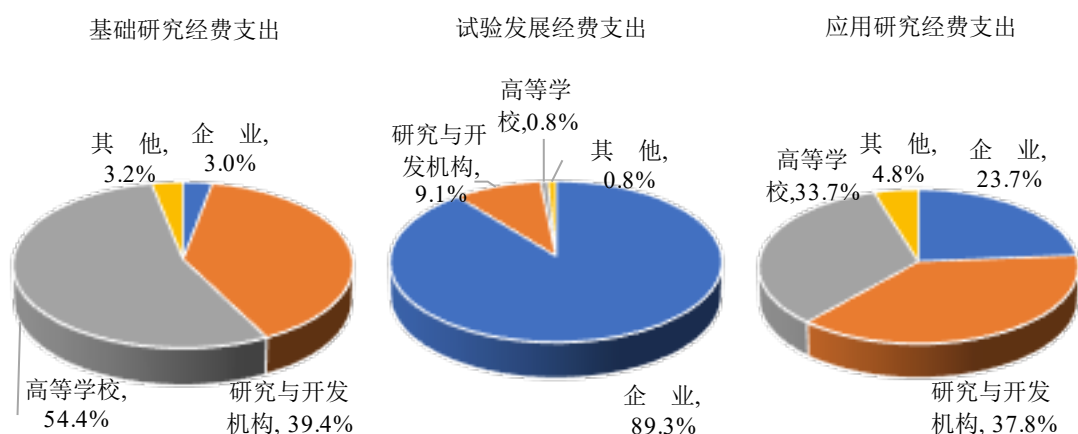


图 6 2017 年各执行部门的经费在三种类型的 R&D 活动支出中的分布

注：数据来源于《2018 年中国科技统计年鉴》。

2. 各执行部门的经费分布

2017 年，企业执行 R&D 经费 13660.2 亿元，占 R&D 经费执行总量的比例为 77.6%；研究与开发机构执行 2435.7 亿元，占 13.8%；高等学校执行 1266.0 亿元，占 7.2%；其他机构和部门执行 244.2 亿元，占 1.4%（见图 7）。

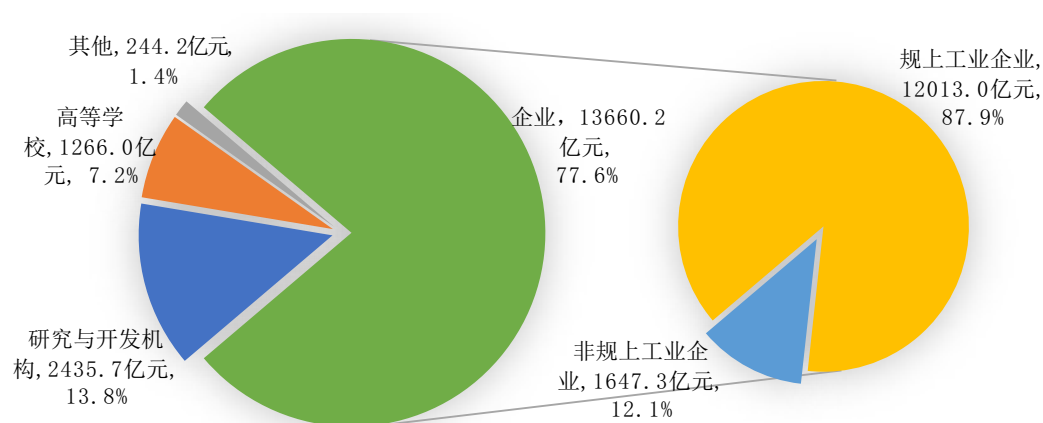


图 7 2017 年我国按执行部门划分的 R&D 经费分布

注：数据来源于《2018 年中国科技统计年鉴》。

按执行部门划分的 R&D 经费结构变化趋势来看，2000—2017 年，企业执行的 R&D 经费规模在 R&D 经费总量中的比重逐年上升，从 60.0% 上升到 77.6%。其他三类执行部门的比重均有所下降，其中研究与开发机构的占比下降幅度最大，由 2000 年的 28.8% 下降到 2017 年的 13.8%（见图 8）。

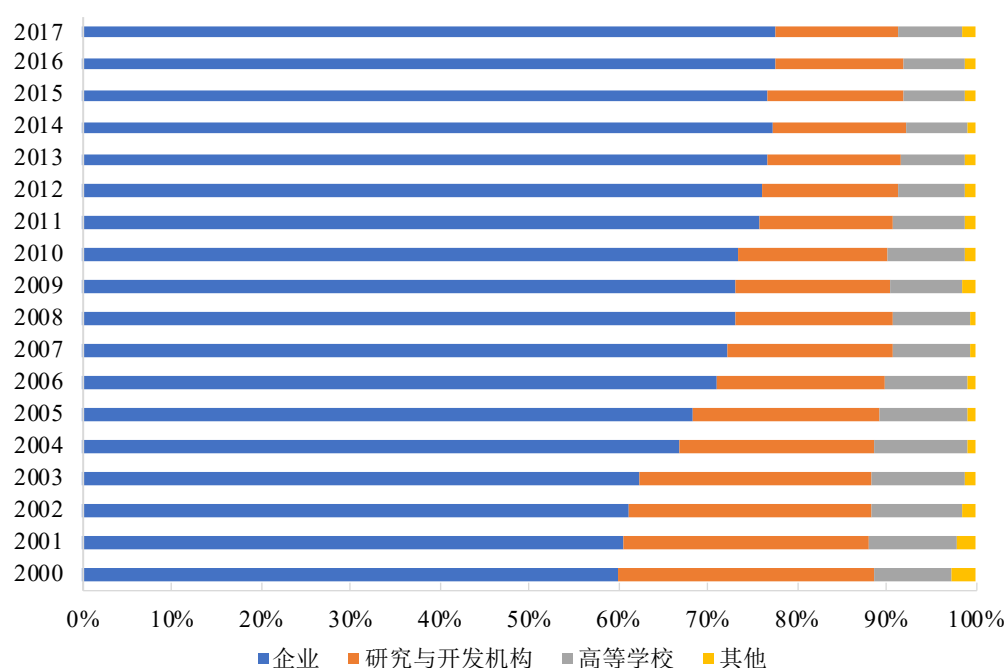


图 8 2000—2017 年按执行部门划分的 R&D 经费分布

注：数据来源于《2018 年中国科技统计年鉴》。

从三类活动经费在各执行部门中的结构分布来看，2017 年，不同执行部门的基础研究经费在各部门执行的总经费的占比中，企业执行的基础研究经费的比例最小，其执行的基础研究经费占企业 R&D 经费仅为 0.2%，高等学校的占比最大，为 42.0%，其次是研究与开发机构，为 15.8%。不同执行部门的试验发展经费在各部门执行的总经费的占比中，企业执行的试验发展经费占比最高，达到了企业执行的 R&D 经费规模的 96.6%。不同执行部门的应用研究经费在各部门执行的总经费的占比中，高等学校的应用研究经费占比也最高，为 49.2%，其次是其他类

型的执行部门，为 36.2%。在我国，企业的 R&D 经费绝大多数流向了试验发展类研究，研究与开发机构的 R&D 经费主要用于试验发展和应用研究，其他类型执行部门的 R&D 经费也是主要用于试验发展和应用研究，而高等学校的 R&D 经费主要流向了应用研究和基础研究（见图 9）。

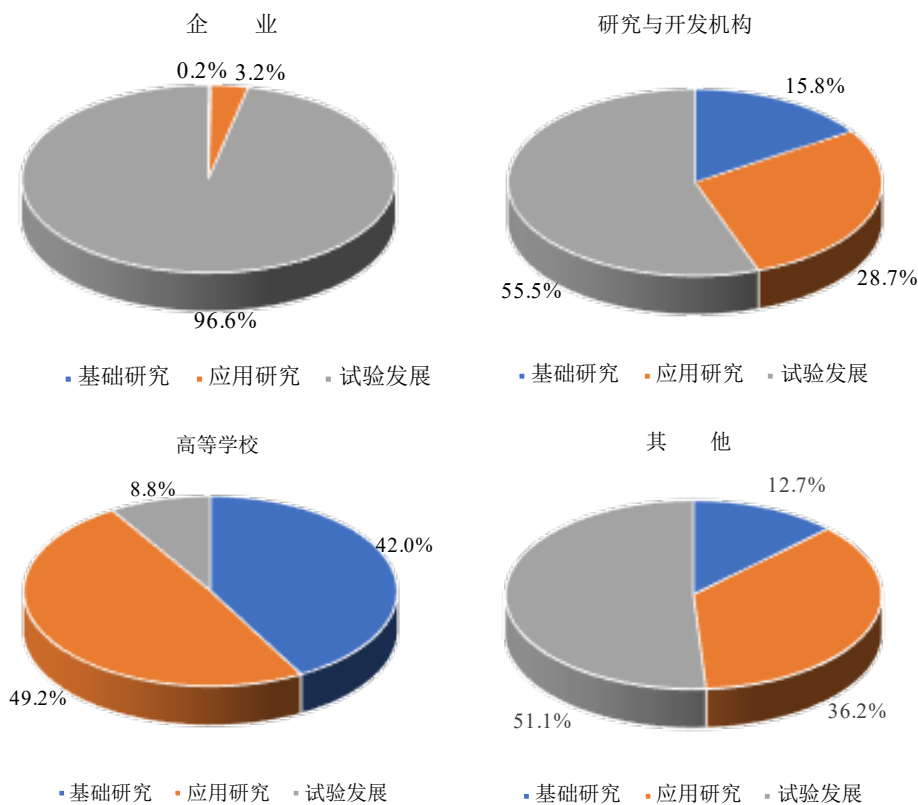


图 9 2017 年各执行部门的不同类型的 R&D 经费分布

注：数据来源于《2018 年中国科技统计年鉴》。

从各执行部门的三类经费结构的变化趋势来看，2009—2017 年，三类 R&D 经费在各执行部门的 R&D 经费规模中所占的比重变化趋势特征是：企业试验发展经费的占比略有下降，幅度较小，其他两类占比有所上升；研究与开发机构和其他类型的执行部门的试验发展经费和基础研究经费则均有所上升；对于高等学校来说，高等学校试验发展经费的占比下降明显，基础研究经费占比上升趋势明显（见图 10）。

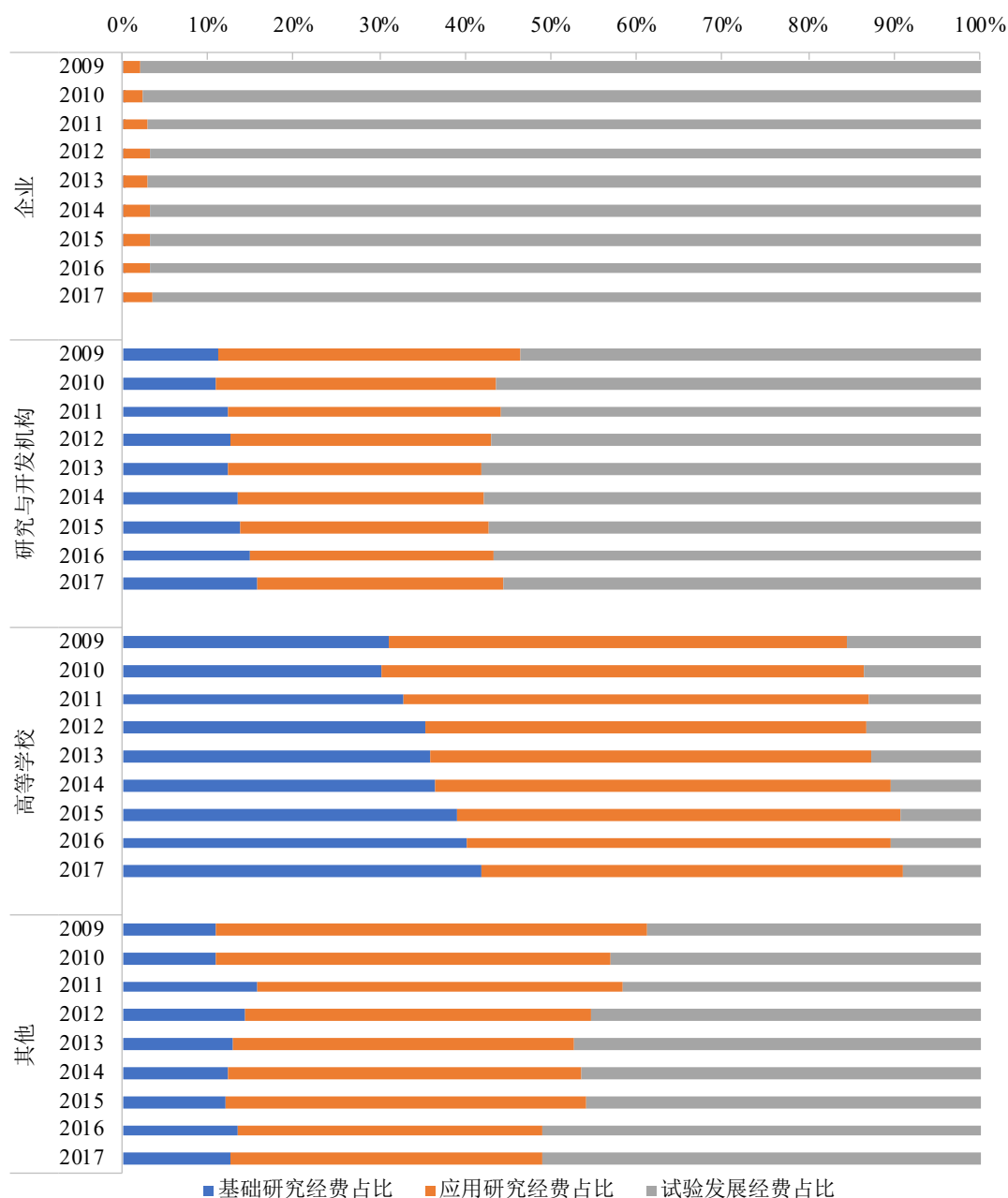


图 10 2009—2017 年各执行部门的三类 R&D 经费结构

注：数据来源于 2010—2018 年《中国科技统计年鉴》。

二、R&D 经费来源与执行的国际比较

（一）R&D 经费来源的国际比较

1. 部分国家各种来源经费的规模

各国在不同来源的 R&D 经费规模上存在显著差异。对不同来源的经费规模进行纵向比较发现，按年平均汇率折算（下同），

企业来源的 R&D 经费规模中，美国的企业来源经费规模最大，2017 年，美国企业来源 R&D 经费达 3454.4 亿美元，位居全球首位，中国排在第二位，为 1992.2 亿美元，排在第三位和第四位的国家分别是日本和德国，分别为 1221.8 亿美元和 742.7 美元。

政府来源 R&D 经费方面，2017 年美国为 1237.3 亿美元，中国为 516.0 亿美元，排在第三位的是德国，为 311.1 亿美元。十个国家中仅俄罗斯和南非是政府来源 R&D 经费超过企业来源 R&D 经费规模，政府来源 R&D 经费占主导地位的国家，2017 年俄罗斯政府来源 R&D 经费 115.6 亿美元，南非为 12.3 亿美元。高等教育来源 R&D 经费上，美国有绝对的领先优势，2017 年美国高等教育来源 R&D 经费为 195.1 亿美元，日本为 82.7 亿美元，也相对较高。中国 R&D 经费来源中不包括高等教育来源经费，根据 OECD 的统计数据显示，同样不包括的国家还有德国。国外来源 R&D 经费方面，2017 年美国为 334.2 亿美元，是排在第二位的英国（66.6 亿美元）的 5.0 倍，约为中国（16.8 亿美元）的 19.9 倍。排在第三位的是德国，其规模为 64.6 亿美元。私人非营利机构来源 R&D 经费 上，私人非营利机构来源 R&D 经费规模排名前三的国家是美国、英国和日本。美国和英国不同于其他国家，在私人非营利机构来源的 R&D 经费量上均超过了各自高等教育来源 R&D 经费量，其中美国私人非营利机构来源 R&D 经费 211.5 亿美元，英国为 21.3 亿美元（见图 11）。

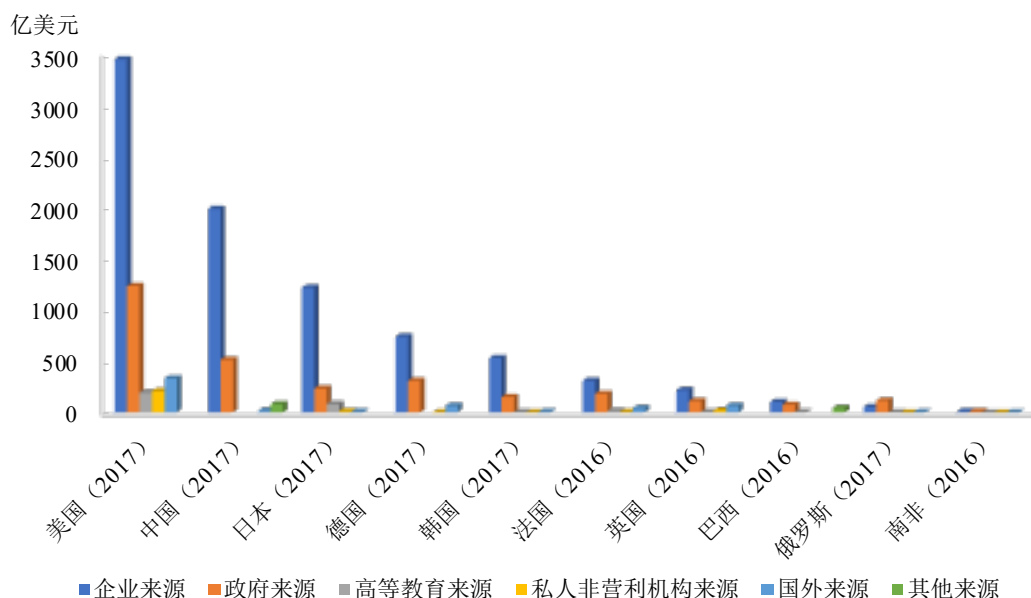


图 11 2017 年部分国家各种来源的 R&D 经费规模

注：1 仅中国和巴西的经费来源统计中单列一项“其他”来源的经费数据。2. 巴西的数据来源于联合国教科文组织统计研究所（UIS）统计数据库，其他国家数据来源于 OECD《Main Science and Technology Indicators》统计数据库。

2. 部分经济体经费来源结构分布

从 R&D 经费来源分布的变化趋势来看，美国、中国、日本、韩国、德国 R&D 经费来源呈现了企业为主导的特点，而俄罗斯 R&D 经费来源上表现出明显的政府主导特征，其历年来源于政府部分的经费基本在 65% 以上，并且与其他国家政府来源经费占比逐年下降的特点不同的是，从 20 世纪 90 年代后期至今，政府来源的比例逐渐提升，由 1999 年的 51.1% 提高到 2017 年的 66.2%，企业来源 R&D 经费占比则逐年下降至 2017 年的 30.2%。德国是几个比较国家中经费结构最稳定的国家，其企业来源 R&D 经费近三十年间保持在 65% 左右，政府来源经费比重略有下降，而国外来源经费占比有一定提升。英国企业来源 R&D 经费的比例相对稳定，基本在 50% 左右，政府来源的比例同样呈现了小幅波动下降的特点，但英国国外来源 R&D 经费的比例显著高于其他国家，2016 年英国国外来源 R&D 经费比例

占 R&D 经费总量达 15.6%（见图 12）。

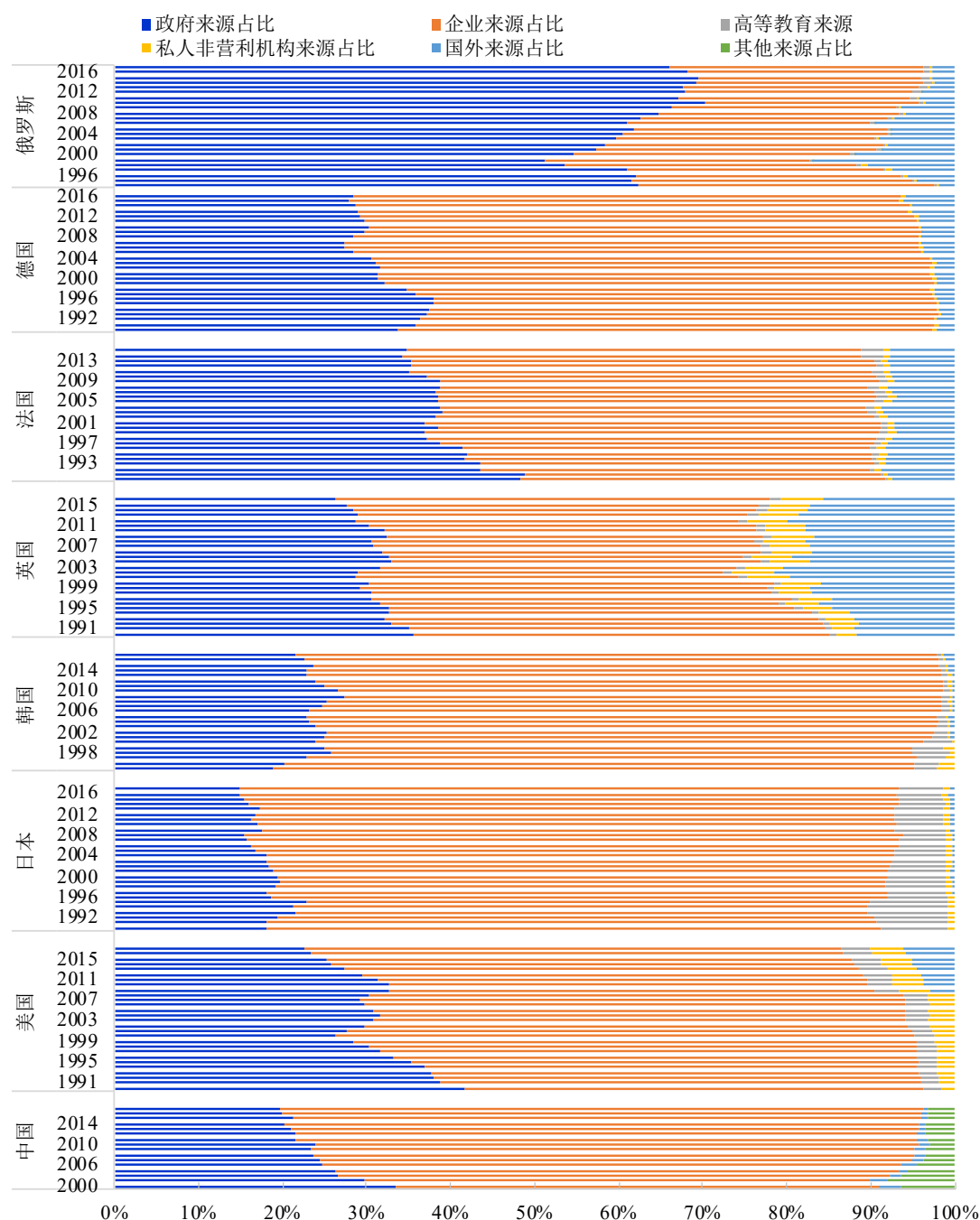


图 12 部分国家各种来源的 R&D 经费分布的变化趋势

注：数据来源于 OECD《Main Science and Technology Indicators》统计数据库。

（二）R&D 经费执行的国际比较

OECD 数据库对 R&D 经费执行部门的划分与中国科技统计口径有所不同。OECD 数据库将 R&D 经费的执行部门划分为企业、

政府、高等学校和私人非营利机构，中国科技统计将经费的执行部门划分为企业、高等学校、科研机构和其他。本文国际比较分析以 OECD 数据库的部门划分为依据。

1. 经费执行规模

按执行部门划分的经费执行规模来看，根据 OECD 对 44 个经济体的统计数据显示，2017 年，企业执行的 R&D 经费规模超过百亿的国家（地区）有 20 个。其中，按年平均汇率折算（本节下同），美国企业执行的 R&D 经费规模以 3970.6 亿美元居于世界第一位，其次是中国，为 2021.1 亿美元，紧随其后的是日本、德国和韩国，分别达到了 1230.0 亿美元、775.4 亿美元和 553.3 亿美元。2017 年，政府执行的 R&D 经费规模超过百亿的经济体有 4 个，依次是：美国、中国、日本、德国。高等教育执行的 R&D 经费规模超过百亿的经济体有 6 个，依次是：美国、德国、日本、中国、法国、英国。其中，排在第一位的美国高等教育执行的 R&D 经费为 708.3 亿美元，排在第二位的德国是 194.8 亿美元，是美国高等教育执行经费的 27.5%；排在第三位的日本是 187.5 亿美元，是美国高等教育执行经费的 26.5%；排在第四位的中国是 187.3 亿美元，是美国高等教育执行经费的 26.4%。

图 13 呈现了 44 个经济体中 8 个较为典型的国家的比较结果。这 10 个经济体均是企业执行的 R&D 经费规模最高的，政府或高等学校次之，私人非营利机构执行的最少。其中，美国四类 R&D 经费执行主体执行的 R&D 经费均居全球首位，2017 年其企业执行 R&D 经费 3970.6 亿美元，占美国 R&D 经费执行总额的 73.1%；高等教育执行 708.3 亿美元，占 R&D 执行经费总额的 13.0%，私人非营利机构执行 224.7 亿美元，占 R&D 执行经费总额的 9.7%；政府执行 528.9 亿美元，占 R&D 执行经费总额的 4.1%。

2017 年，中国三类 R&D 经费执行主体中有两类主体执行的经费均居全球第二位，分别是企业执行（2021.1 亿美元）和政府执行（396.5 亿美元）。

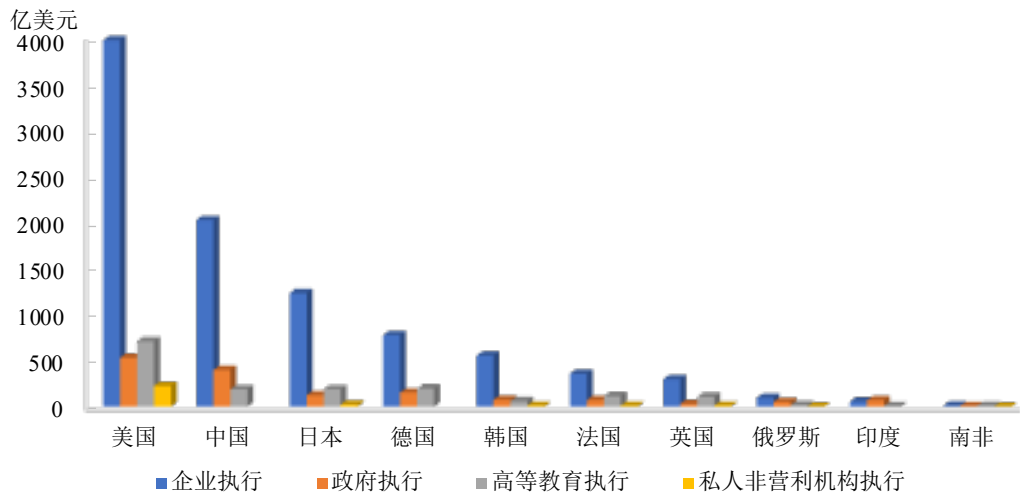


图 13 2017 年部分国家按执行部门划分的 R&D 经费规模

注：数据来源于 OECD 统计数据库。

2. 经费执行部门分布

研发经费按执行部门的分配结构是反映研发资源配置的重要指标，主要体现在研发经费在政府科研机构、企业、高等院校中的使用比例。对比部分国家经费执行部门的分配结构的变化趋势（见图 14），大多数国家在 R&D 经费执行上的共同特征是：企业执行主体地位的日益凸显，其执行的经费规模和比重有所增长。1990—2017 年法国、德国、英国、美国、俄罗斯、日本、中国、韩国等国家都是企业执行的经费在 R&D 执行总经费中占比最大。

从高等学校执行的经费比重看，法国、德国、英国、美国、俄罗斯等的高等学校执行经费比重逐年上升，但上升幅度不大。与这五国变化趋势不同的是，中国和日本的高等学校执行的经费比重在逐年下降。中国高等学校执行经费比重从 1991 年的 8.6% 有起伏地下降到 2017 年 7.2%。从政府执行的经费比重看，除俄

罗斯外，大多数国家的政府执行的经费规模逐年上升，但其比重有所下降。从私人非营利机构的经费占比看，除日本外，其他国家私人非营利机构执行经费的规模不断增加，比重也逐年提高。

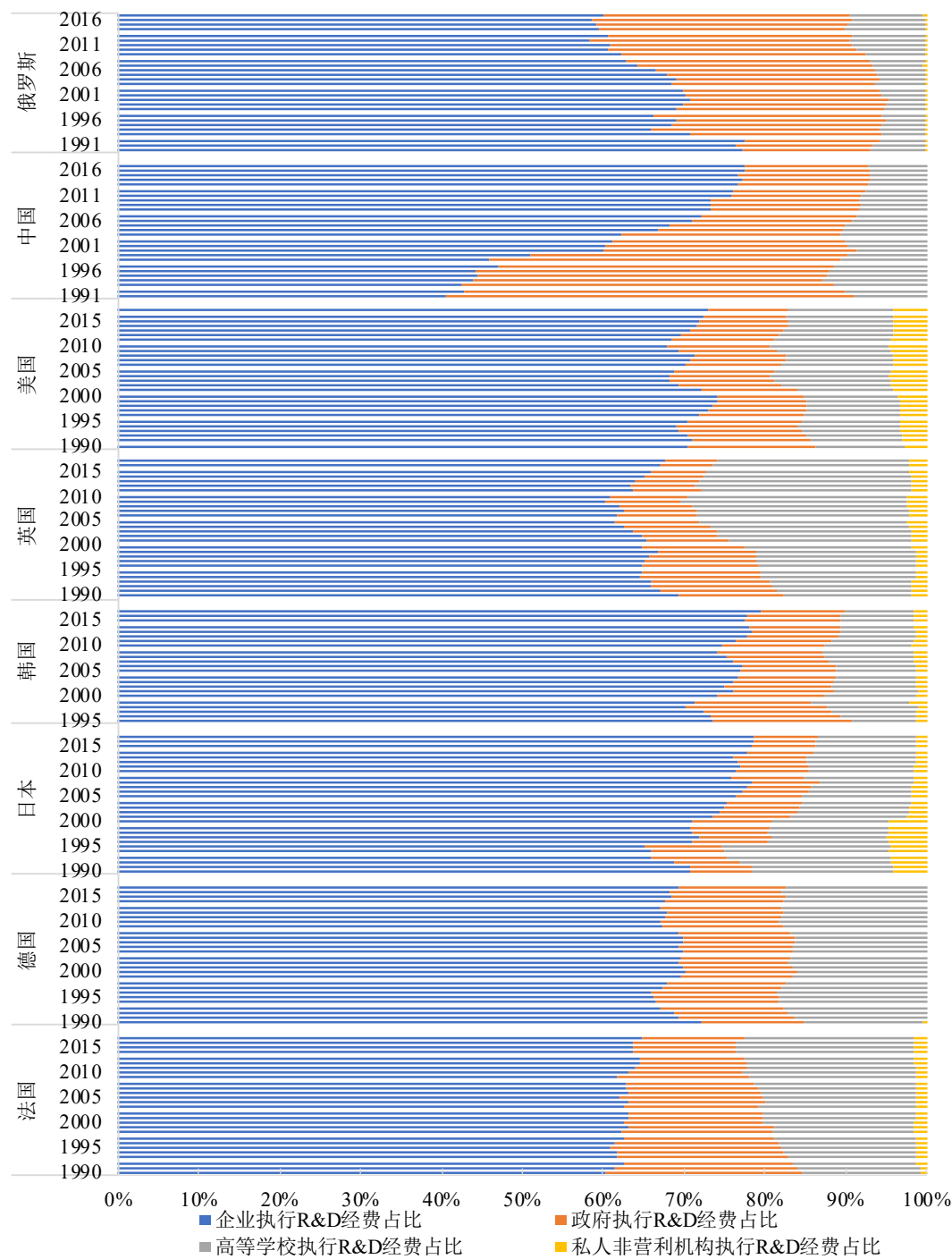


图 14 部分国家按执行部门划分的 R&D 经费结构分布

注：数据来源于 OECD 统计数据库。

3. 部分国家 R&D 经费流向比较

R&D 经费的流动反映了国家研发活动中哪些主体是资金的注入者，哪些主体是资金的使用者。对中国、美国、日本、韩国四国的 R&D 经费流向进行比较分析，并用不同颜色的条形和阴影面积表示了不同来源、执行部门和类型的 R&D 经费规模占比（见图 15）。从各类型执行机构执行的经费规模情况看，四个国家均是企业执行的 R&D 经费规模最大，政府和高等教育执行的 R&D 经费规模次之，私人非营利机构执行的规模最小。同中国一样，2017 年，韩国政府执行 R&D 经费规模也高于高等教育执行部分，而美国、日本则是高等教育执行 R&D 经费规模高于政府执行部分。从不同来源的 R&D 经费来看，中国企业来源的 R&D 经费中绝大多数通过企业流向了试验发展类研究，而美国、日本、韩国三国企业来源的 R&D 经费虽然大部分也流向了试验发展类研究，但也有一部分分别通过高等教育机构和政府研究与开发机构流向了基础研究和应用研究，其中，以韩国企业流向基础研究和应用研究的经费比例最大。中国政府来源的 R&D 经费中大多数通过研究与开发机构流向了试验发展活动，也有一部分通过高等教育机构流向了应用研究和基础研究活动，这与美国政府来源的 R&D 经费流向一致；而日本、韩国两国的政府来源的 R&D 经费流向研究与开发机构和高等教育机构的比例相近且绝大多数通过经费这两类执行机构流向了应用研究和试验研究。

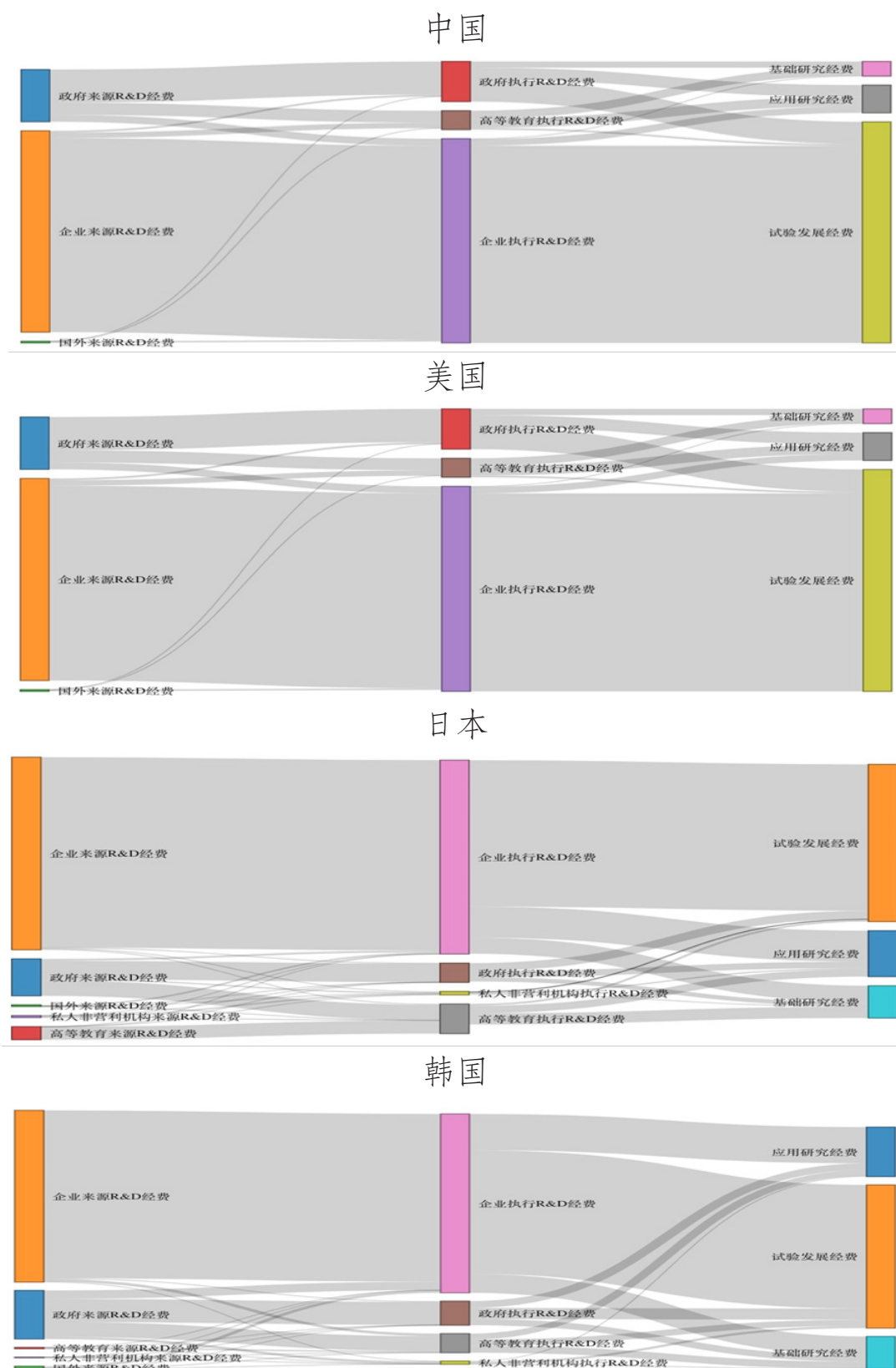


图 15 2017 年中、美、日、韩四国 R&D 经费流向

注：数据来源于 OECD 统计数据库。

三、总结

综上所述，中国科学研究与试验发展（R&D）经费的来源与执行主要呈现出以下特征：第一，中国 R&D 经费中，企业和政府是最主要的两大来源，其中来源于企业的经费超过 70%。2017 年，企业来源经费比例达到了 76.5%。第二，企业是中国 R&D 经费的主要执行部门且近年来经费规模增速较快，但在经费规模上与美国仍有较大差距。2017 年，中国企业执行的 R&D 经费规模达 2021.1 亿美元，占中国 R&D 经费总额的 77.6%，是美国企业执行的 R&D 经费规模的 50.9%。第三，中国不同来源的 R&D 经费中绝大多数经费都流向了试验发展类研究，流向基础研究和应用研究经费的占比相对偏低。中国政府、企业、国外资金和其它来源的 R&D 经费绝大多数均通过企业流向了试验发展类研究，而美、日、韩三国企业来源的 R&D 经费大部分流向了试验发展类研究，但政府、国外资金等来源经费大部分通过高等教育机构和政府研究与开发机构流向了基础研究和应用研究。值得注意的是，对比发达国家，中国企业基础研究投入过低的状况需要尽快改善。发达国家的企业执行的基础研究经费占其国家基础研究经费的比例一般处于 5% ~ 10%，而 2017 年中国企业执行基础研究经费占中国基础研究经费比例仅为 3.0%，中国企业执行的基础研究经费在企业总 R&D 经费中仅占 0.2%。

（作者：黄辰 胡林元 徐婕 张明妍）



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 51 期（总第 479 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 9 月 29 日

我国体制外科技智库的价值、发展中的问题及政策建议

〔按〕自 21 世纪以来，国家明确提出实施创新驱动发展战略，我国体制外科技智库也进入快速发展的新阶段。作为中国新经济发展态势的敏锐观察者，体制外科技智库也是国家治理体系和治理能力现代化的支撑力量之一，政府部门应进一步完善我国体制外科技智库发展的政策环境，支持体制外科技智库更好地服务于科技自立自强的国家战略、服务于国家软实力的提升。基于此，本文对当前体制外科技智库的独特作用、在发展过程中遇到的问题进行集中归纳与分析，并提出通过促进体制外科技智库快速发展、以有效提升科学决策和治理能力的政策建议。

我国体制外科技智库是指利用非国有资产组建成立并运作的科技智库，区别于体制内科技智库，主要包括注册为企业法人、民办非企业法人、以及社会团体、基金会等类型的科技智库。

一、我国体制外科技智库对治理体系现代化的独特价值

当前形势下，体制外科技智库作为市场经济最活跃的参与者，以其敏锐的感知力和洞察力，把握时代变化趋势和机会，以建设性思维指导“思想产品”创新，积极参与市场竞争，成为新经济时代“思想市场”的贡献者之一。

第一，洞见创新，研究体现前瞻性思维。体制外科技智库始终站在新经济发展的最前沿，从需求和实践出发，通过敏锐的洞见力、战略新思维、深入的观察和坚实的前瞻性理论研究，能够总结出适合新经济时代的新观点、新理念、新模式，开展有针对性的和专业性的研究，为科学化决策提供坚实支撑。

第二，客观、专业，提供第三方“思想产品”。体制外科技智库的创办与运行经费均不依赖于政府财政拨款，员工均面向社会招聘而无政府编制限制，作为第三方提供“思想产品”。这是一种社会进步，是更加客观和开放的监督，既包括体制外科技智库可以独立开展事关全局的重大科技战略问题研究并发布其观点，也可以对政策实施的未来趋势是否合理进行判断，其研究和工作成果供政府部门参考借鉴，以助力提升政府科学决策与治理的能力和效率。

第三，贴近市场，更开放更灵活开展研究。从运营方式来看，体制外科技智库具有多元、灵活、开放和更加贴近市场的特点。体制外科技智库可以邀请兼职专家学者定期或不定期地讨论重大科技战略问题和当下热点议题，或联合开展跨界融合和多元化研究，并灵活采购各类最先进的数字化工具进行支撑，在一定程度上更加有效保证研究的科学性、专业性和深度。

总体上，体制外科技智库的最大活力和生命力即在于身处

一线、对新思想的认识和把握更为精准，能够从实际出发提出专业可信的观点，并能把新的思想系统化，最终在社会上传播并在一定程度上形成共识，这也是体制外科技智库的独特价值所在。当社会发展到今日，保障体制外科技智库的独立、专业研究能力是提升政府科学决策能力的关键环节之一，也是促进和实施有效监督的重要突破。

二、目前我国体制外科技智库发展中存在的主要问题

我国体制外科技智库在近三十年的发展过程中，主要面临以下三个方面的问题。

（一）体制外科技智库面临着更大的生存压力

1. 社会智库登记面临双重管理，增加了管理成本。2017年《关于社会智库健康发展的若干意见》中提到完善登记管理体制的内容，对社会智库实行民政部门 and 业务主管单位双重负责的管理体制。成立社会智库要由社科联或活动涉及领域的主管部门担任业务主管部门，并在民政部门进行登记。双重管理在一定程度上增加了社会智库、体制外科技智库的管理成本和管理人员的投入。

2. 我国社会对智库作用的认知普遍不够、较少提供捐赠支持。与发达国家相比，我国社会缺乏保障体制外智库有效运行的稳定基金来源以及社会捐赠文化。企业、基金、慈善组织等是支持智库发展的主体，但在我国，这些主体对智库的作用认识不足，而且由于各种基金制度尚不完善，智库难以从基金、慈善组织等方面获得资金支持，也难以从企业层面获得开展前瞻性研究的资金，这成为影响智库长期研究能力提升的重要因素。

3. 体制外科技智库与体制内智库的招标竞争不在同一成本

起跑线上。体制外科技智库的财务运营是包括全部人力成本、办公空间租赁等的全成本核算，而体制内科技智库，其人力成本已有相当部分的财政拨款，一般自有办公用房低于市场价租赁使用。由于这一体制上的差异，在研究课题进行公开竞标时，两者的报价就不在同一成本核算起点上，体制外科技智库一般都会处于报价高的弱势地位。

（二）政策咨询有效需求普遍对体制外科技智库开放不足

科技政策咨询的“总盘子”以委托体制内科技智库为主。政府主要决策需求大多面向体制内智库开放。“内外有别”，受历史惯性影响，政府部门和体制外机构之间的信任关系和责任关系并不牢固和明确。以科技咨询为例，国家层面的体制内智库包括国务院发展研究中心、中国科学技术战略发展研究院、中国科协创新战略研究院、中国科学院科技战略咨询研究院，各地地方科技部门也设有战略院等类似机构，上述机构承担了大量科技领域的政策咨询业务，留给体制外科技智库的机会非常有限。

（三）体制外科技智库自身能力建设和发展模式有待加强

1. 对涉及全局的重大科技战略研究能力不足。由于体制外科技智库大多成立时间不足30年，普遍缺乏对前瞻性问题的自主长期跟踪。在当前国际国内形势下，各类不确定性和挑战增多，对我国重大科技战略所涉及的某些全局性问题的研究广度和深度不足。同时，体制外科技智库的从业人员和智库专家普遍年龄偏低，对国际科技战略竞争的理解不够深入，对我国科技自立自强的发展历史缺乏感同身受，也难以提出有建设性的研究观点。

2. 普遍缺乏有效资政通道。调研中发现，绝大部分体制外

科技智库在提供高层决策参考方面没有常规渠道，再加上缺乏重磅研究成果和有效的人脉链接，只能借助媒体宣传力量扩大声势。这种路径相较于体制内科技智库的资政直通渠道，缺乏直接性和有效性，真正被纳入决策的机会微乎其微。

综合以上，体制外科技智库发展中的问题，既有自身能力问题，也有更深层次的历史原因，需要转变观念，探索制度安排，这些均需要长期努力才有可能看到实效。

三、促进我国体制外科技智库发展、利用其独特作用有效提升治理能力的政策建议

体制外科技智库处于市场前沿、洞察一线问题，进行专业研判，为科学决策提供支撑。国家和地区层面应支持体制外科技智库发展，促进体制外与体制内科技智库之间的合作，共同为我国科技领域提升治理能力提供有力支撑。主要提出以下三个方面的建议：

（一）完善体制外科技智库发展的新制度环境

1. 继续加强思想引导和管理规范。进一步推进落实《关于加强中国特色新型智库建设的意见》和《关于社会智库健康发展的若干意见》，在企业宗旨、民办非企业章程和社团章程等方面规范对体制外科技智库的思想引导，发挥好基层党组织的带头作用，强化智库专家的业务素质和科学理论武装，更好地赢得政府部门和民众信任。

2. 鼓励和支持建立国内基金会，引导和规范社会捐赠文化和制度。目前我国还没有形成真正的基金会和社会捐赠文化，应通过法律和税收上的激励措施来鼓励和培育这种文化的形成，引导和规范社会捐赠制度，以此来促进体制外科技智库的蓬勃发展。

3. 探索建立专门基金，引导社会支持体制外科技智库发展。可借鉴国际经验，通过设立基金或基金会的方式，对体制外科技智库进行支持。同时，探索出台有关鼓励社会对公益性研究机构、民办非企业法人等加强投入的支持政策，如财政补贴、税收扶持、采购服务、创新券等措施，引导和鼓励社会资金对体制外科技智库的扶持。

（二）鼓励体制外科技智库提高前瞻研发能力

1. 鼓励体制外科技智库关注重大科技战略问题并注重研究积累。鼓励体制外科技智库开展对某些事关全局性问题的深入思考，对于某些重大科技战略课题应坚持深入研究，政府部门和相关媒体给予高度关注。支持某些专业性的体制外科技智库加强积累，在相关领域成为领先者。支持体制外科技智库通过不定期总结研究，探索适合自身发展的商业模式。政府部门在实际操作中应当有意识的创造条件，为智库的持续性积累和发展提供便利条件。

2. 支持体制外科技智库努力打磨好产品，帮助推广智库形象。通过完善公开招标程序等举措，扩大更多的体制外科技智库参与科技政策决策咨询的渠道，当好“甲方”，助力更多的体制外科技智库输出新的知识产品，不断提升和推广智库形象，并为我国科技领域的科学决策和治理现代化提供更多元的路径和更多的可能性。

（三）搭建多方沟通渠道、优化政府治理结构

1. 定期组织高层主题座谈研讨会，搭建政府科技部门、体制内科技智库与体制外科技智库的沟通平台。各地依托政府科技部门，定期（每年一次或两次）举行专题座谈会，邀请省市政府部门主要领导、科技部门负责人、体制内智库及在相关领

域有影响力的体制外科技智库参会，方便智库为当地科技发展和经济建设献计献策，并与相关领域的政府高层建立互动机制和定期沟通机制，使有价值的智库研究成果有机会被政府部门采纳，惠及民众和民生，主动提升政府部门治理能力。

2. 构建可促进智库界和政界之间良好交流的“旋转门”机制。探索在各地科技部门、体制内科技智库设立一些固定岗位给体制外科技智库的专家和研究员，并开展相互之间的交流培训，构建良好的流动和互动机制，促进政界和智库界之间的信息和思想的沟通，通过有效的实践活动，在一定程度上提高双方对研究认识问题的专业性、科学性和深入性。

3. 充分利用官媒渠道，为体制外科技智库提供展示机会，在一定程度上改善和优化治理体系。通过某些公共和公开宣传渠道，给体制外科技智库的研究成果和建设性方案创造展示机会，提供发声渠道，鼓励“百花齐放”，帮助智库提升专业形象；充分利用体制外科技智库的第三方身份，避免“自说自话”，更有助于某些新观点和新思想被社会公众接受和认可，并在可能的未来惠及民生，实现政府部门、社会公众、智库“三赢”效果。

执笔人：

刘志光 北京市长城企业战略研究所副所长

邵 翔 北京市长城企业战略研究所合伙人

程 宏 北京市长城企业战略研究所顾问

施云燕 中国科协创新战略研究院科研外事处副处长

熊晓晓 中国科协创新战略研究院博士后

梁 帅 中国科协创新战略研究院助理研究员



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 52 期（总第 480 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 11 月 28 日

6G、人工智能与机器学习：实现速率更快、延迟更低的高效网络

〔编者按〕随着 5G 部署率的提高和持续稳定的发展，研究人员已将注意力转向下一代通信技术 6G。2021 年 6 月，美国著名非营利机构 MITRE 发布《6G、人工智能与机器学习》（*6G and Artificial Intelligence&Machine Learning*）报告。报告指出，6G 网络在用户服务质量、网络安全和物理定律的竞争利益之间快速优化，人工智能（AI）和机器学习（ML）将为推动 6G 发挥重要作用。本文对其主要内容进行摘编。

一、背景

目前，5G 几乎可以互联所有事物，包括手机、自动驾驶汽车、智能工厂中使用的机器人、物联网传感器、智能仓库和智慧城市等。其主要应用场景有三种：（1）增强移动宽带（EMBB）；（2）低延迟和高可靠性任务的关键通信；（3）大规模物联网。

随着 5G 通过扩大部署率以及提高稳定性逐渐占据通信技

术的主导地位，将超出当前网络演进能力，研究人员开始将注意力转向了下一代 6G 网络。6G 融合了多项技术，不仅利用了前几代通信技术的优势，还创新性地使用了新的使能器。6G 旗舰计划已经在欧洲启动，预计也将在韩国、中国和日本的初创公司启动。美国电信行业解决方案联盟 (ATIS) 于 2020 年 10 月启动了“Next G”联盟倡议，其目标是对抗其他国家在国际电信联盟远程通信标准化组织 (ITU-T) 中的影响，并从美国的角度提出 6G 倡议。图 1 展示了截至 2030 年实现 6G 目标的时间框架。

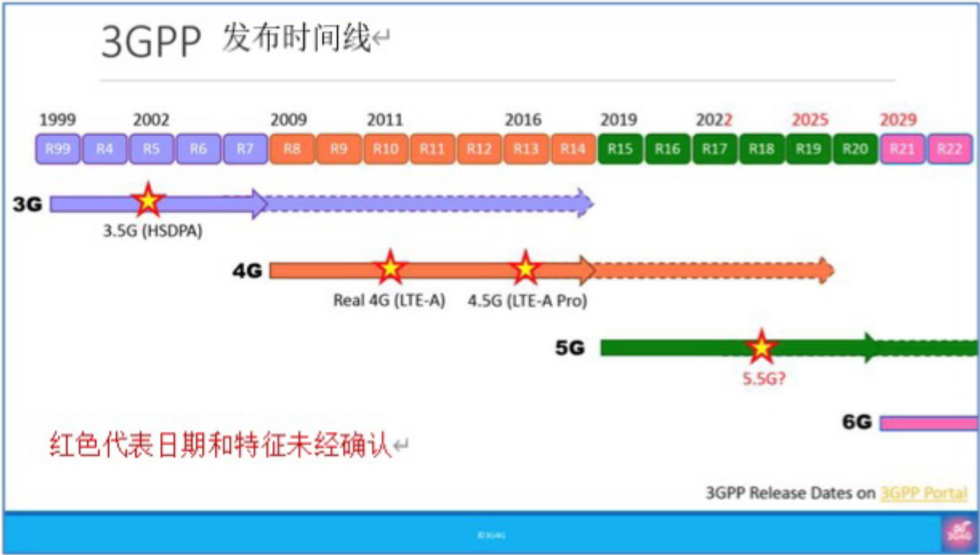


图 1 通信技术的目标时间轴

二、6G 概述

随着网络设备使用数量的爆炸式增长，信息传输的重点将继续从人转向设备。当前物联网设备的数量与全球人口数量相当。然而到 2030 年，预计联网设备的数量将是地球上人口数量的 15 倍。越来越多的机器通过无线通信进行连接，包括车辆、机器人、无人机、家用电器、显示器，以及安装在各种基础设

施中的智能传感器、建筑机械和工厂设备等，这些都将是 6G 重要的新增长动力。全球无线连接技术的发展趋势如表 1 所示。

表 1 无线连接的全球趋势

问题	2010	2020（预测）	2030（预测）	单位
移动订阅	5.32	10.7	17.1	10 亿
智能手机订阅	0.645	1.3	5.0	10 亿
机 - 机订阅	0.213	7.0	97	10 亿
通信量	7.462	62	5016	百万兆字节 / 月
机 - 机通信量	0.256	5	622	百万兆字节 / 月
每位用户的通信量	1.35	10.3	257.1	千兆字节 / 月

与 5G 一样，6G 将为人类、机器和其他设备提供持续信息共享以及完全沉浸式的持久互连，其网络架构将涉及社会的各个方面，其中几个关键属性如下：

（1）灵活性与开放性。过去蜂窝技术专注于语音、文本和移动宽带，而近 5 年，物联网、网络间通信和无人自助平台的需求呈指数级增长。

（2）可持续性。能源消耗、电池寿命和环境影响是维持沉浸式通信网络的几个关键因素。

（3）智能化算法。边缘人工智能和网络感知将推动新的价值范式。

（4）可靠度。网络必须确保用户的安全和隐私需求。

1. 技术需求与促成因素

上述愿景的实现需要创新网络架构中的颠覆性通信技术，解决一些基本问题，如系统容量、数据速率、延迟，以及比 5G 系统更好的服务品质。表 2 概述了与传统的 4G 和 5G 相比，6G 的关键性能指标（KPI）和启用技术。

表 2 6G 与 4G、5G 需求的对比

项目	4G	5G	6G
每台设备的峰值数据率	1Gbps	10Gbps	1Tbps
端 – 端延迟	100ms	10ms	1ms
最大频谱效率	15bps/Hz	30bps/Hz	100bps/Hz
移动支持	最高 350km/hr	最高 500km/hr	最高 1000km/hr
卫星集成	无	无	全部
人工智能	无	部分	全部
自动驾驶	无	部分	全部
扩展现实	无	部分	全部
触感通信	无	部分	全部
太赫兹通信	无	有限	广泛
服务水平	视觉	VR, AR	触觉
架构	MIMO	最大 MIMO	智能表面
最高频率	6GHz	90GHz	10THz

2. 6G 用例

目前 6G 的用例和功能有两种观点。一种是基于现有 5G 能力的扩展，6G 可以显著改善 5G 的各项关键性能指标；另一种观点认为 6G 带来了之前 5G 没有提出过的新功能，其潜在使用场景包括增强现实技术（AR）和虚拟现实技术（VR）、全息远程呈现、电子保健、工业 4.0 和机器人应用等。图 2 显示了这些潜在应用需求的指数增长。

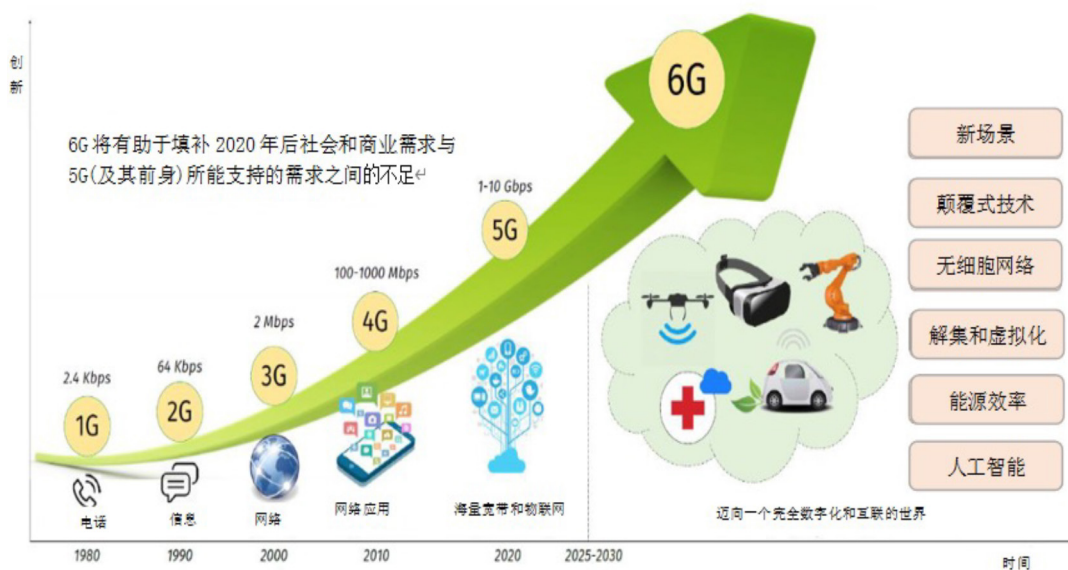


图2 从1G到6G蜂窝网络的演进及每一代的代表性应用

3. 网络架构

尽管6G正处于开发的早期阶段，但专家认为6G标准的架构将超越4G和5G标准的移动互联网架构。图3展示了未来6G的一个潜在网络架构，并说明将如何跨越所有通信层（物理、数据、网络等）整合异构的支持硬件架构。

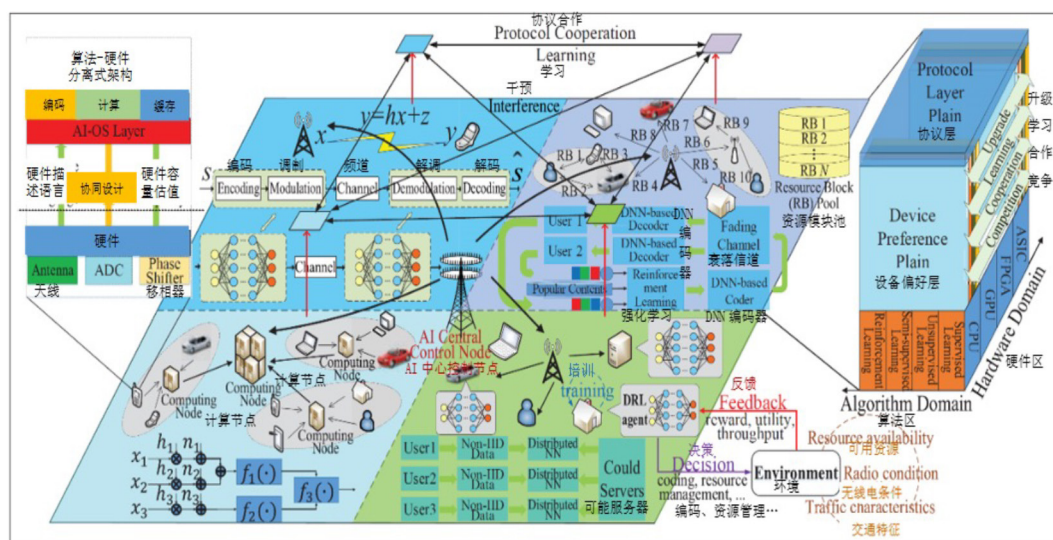


图3 6G的系统架构的潜在愿景

事实上，6G代表了一种全新智能通信生态系统。6G需在当

前最先进的通信技术上进行多项改进和升级，实时的智能优化将跨越传统通信层之间的边界，以实现所需的 KPI。而人工智能将在设计和优化 6G 架构、协议和运营方面发挥关键作用，必将成为最重要的赋能因素之一。人工智能可使网络快速适应，最大限度地提高流量路由和频谱效率，以满足 6G 关键性能指标的服务。

三、6G 智能通信生态系统

未来 6G 无线通信及其网络架构的愿景是建立一个智能通信生态系统，结合几种新兴技术，满足不断增长的对通信连通性和数据资源的需求。因此，这种智能通信生态系统需要通过人工智能（AI）和机器学习（ML）算法进行自我感知。AI 和 ML 将集成在整个 6G 架构中，融合在每个协议层和整个计算体系架构中，包括虚拟功能、网络切片、网络边缘以及网络编排和管理。

1. 人工智能和机器学习的用例

AI 和 ML 将通过优化网络和设计新的波形来为 6G 技术的实现发挥重要作用。除此之外，6G 本身将促进 AI 和 ML 的进一步发展。具体来说，AI 和 ML 将使 6G 成为可能，如 AI 和 ML 算法可以实现信息跨越物理层和网络访问层的边界；AI 和 ML 也将利用 6G，如 6G 可加速人工智能在网络边缘的应用，涉及模型训练过程的联合优化、对延迟要求严格的通信以及数据隐私安全问题。

2. 开放式无线电接入网

开放式无线接入网（RAN）是一种通过基础设施虚拟化和嵌入式智能来实现网络转移的新兴框架，以此为终端用户提供更灵活的服务和先进功能。开放式 RAN 将实现商用现货硬件和软件组成的异构系统，通过优化和自组织实现整体的生态系统

目标和关键性能指标。其中一个重要的创新是 RAN 智能控制器 (RIC) 的引入, 如图 4 所示, 这在传统的 RAN 设计中是不存在的。开放式 RAN 计划通过支持利用 RIC 的供应商生态系统来打破原供应商的锁定模式, 服务提供商可以通过 RIC 添加自己的特性来控制 RAN 的功能。RIC 主要支持两类用例, 即近实时和非实时用例。随着技术转向算法驱动设计, 还需要研究评估和理解算法决策的能力。

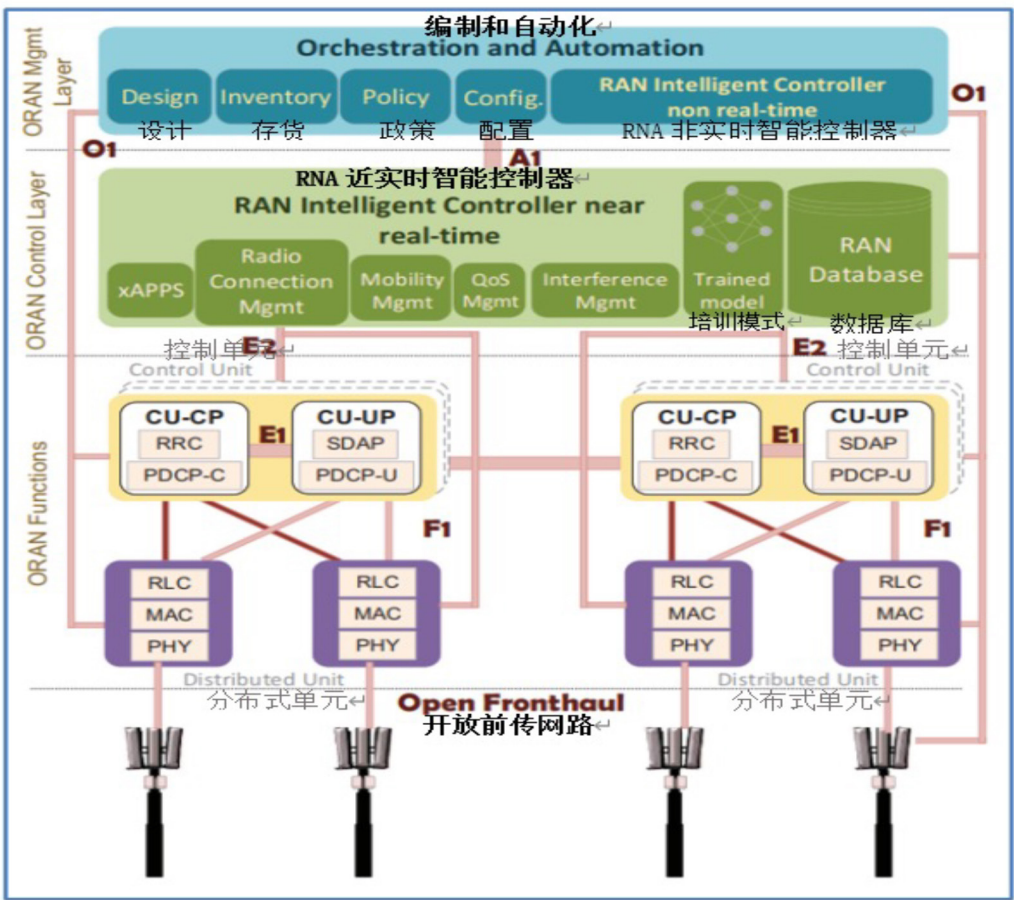


图 4 RAN 智能控制器 (近实时和非实时)、控制和分布式单元的开放式 RAN 体系结构

3. 网络切片与安全

近年来, 网络切片和网络安全变得越来越重要。随着 5G 安

全方面的经验教训，6G 将解决 5G 的许多安全漏洞，同时也可能引入新的漏洞。尽管 AI 和 ML 可以改进 6G 系统性能，但仍然存在安全和隐私问题，主要原因是人们尚未充分理解 6G 攻击向量，而且许多提议的 6G 用例将使用更多的人类数据（除听觉和视觉外，还包括触觉、嗅觉感知数据）。

四、结语

总体而言，新一代通信技术 6G 代表着通信网络发展方向，它将向用户提供可持续信息共享的完全沉浸式连接。6G 的使用场景如增强现实技术（AR）、全息远程呈现、电子健康、工业 4.0 和机器人等以帮助推动 6G 的目标关键性能指标（每个设备 1 百万兆比特 / 秒的峰值数据速率、1 毫秒的端到端延迟和 1 千万兆赫的最高频率范围）。此外，AI 和 ML 将在 6G 网络发展中扮演重要的推动角色，其中，数据的质量、创建、消费以及数据的信息内容将会为整个智能通信生态系统创造巨大的价值。

（编译：卢佳丽，孟凡蓉，责任编辑：王达）

文章来源：

<https://www.mitre.org/sites/default/files/publications/pr-21-0214-6g-and-artificial-intelligence-and-machine-learning.pdf>

机构简介：

MITRE 公司于 1958 年成立，是一家私营非营利公司，为美国联邦政府提供工程和技术指导。通过由联邦政府资助的 R&D 中心和公私合作伙伴关系，MITRE 在政府各部门开展工作，尤其在先进技术和国家重大关切的交汇点开展业务，应对国家的安全、稳定和福祉所面临的挑战。MITRE 对美国本土和全球网络空间安全的影响力，远超任何一家科技公司。作为一个非营利组织，MITRE 强调致力于联邦、州和地方政府以及工业界和学术界的公共利益。在人工智能、数据科学、量子信息科学、健康信息学、空间安全、政策和经济专业知识、自主性、网络威胁共享和网络复原等各种领域提出了创新想法。自 2014 年以来，Mitre 已向行业和大学合作伙伴转让了 670 多个许可证。



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 53 期（总第 481 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 11 月 28 日

英国描绘未来研发路线图

〔编者按〕2021 年 1 月，英国政府发布了《英国研发路线图》（*UK Research and Development Roadmap*）报告，旨在确保英国加强吸引全世界的科学家、研究人员和企业家，确保其居住和工作的条件，从而促进英国经济复苏，提升英国科技水平。英国政府强调科技创新的重要性，指出从工业革命到无线电的发明，从疫苗到互联网，科学、研究和创新对世界和人们生活的贡献是毋庸置疑的。人类的好奇心和技术应用相结合，使得人们加深了对自己、对他人以及周围世界的了解。创造力带来了社会的巨大进步，科学和创新推动了过去二十年全球发展的重大进步，而且对于实现联合国可持续发展目标至关重要。

一、英国政府将科技创新视为应对挑战及后疫情时期复苏的关键

报告指出，在新冠肺炎疫情（COVID-19）危机背景下，

英国面临前所未有的挑战，找到应对挑战性问题的实用和及时的解决方案显得愈发重要。研发对于英国在受新冠疫情影响后实现经济和社会复苏至关重要，这将有助于建设一个绿色、健康和更具抵抗力的英国。英国提出的目标是进一步加强英国的科学、研究和创新，使之成为应对挑战和抓住机遇的核心。

英国提出，到 2027 年要将英国在研发方面的投资增加到 GDP 的 2.4%，并承诺到 2024/25 财年将每年用于公共研发的资金增加到 220 亿英镑，这是朝着上述目标迈出的重大步伐。英国将利用公共研发投资来提高国内和国际企业在英国的研发投入，通过新产品、服务和就业机会来提高经济生产率和促进繁荣，并帮助转变公共服务。整个英国政府及其所属四地区（指英格兰、苏格兰、威尔士和北爱尔兰）政府，将与英国的产业界、学术界、慈善机构和社会各界合作，应对一些重大社会挑战，加深对世界的了解，并将其转化为英国乃至全球范围公众、社区和地方的利益。

报告指出，英国政府明确其使命是激发和激励各种背景和经验的人们都参与进来，为研究和创新做出贡献，去证明科学是为所有人服务的。报告指出，英国将培育整个创新体系，以改善英国及其他地区的生活、服务和商业，从而创造一个更公平、更健康、更繁荣、更富韧性的社会。英国政府希望其能够在全球范围内取得成功，展示优势，并促进英国成为人才和投资的目的地以及首选的合作伙伴。

报告指出，英国政府将从研究与创新界如何响应新冠疫情（COVID-19）、推动协作与从伙伴关系中汲取灵感，做出必要以及大胆的改变，以确保英国的系统适合现在和将来。这将需

要解决有关英国研发优先领域的根本性和挑战性问题，并解决系统中存在的长期问题。英国政府表示，为实现这一雄心壮志，将不惧做出艰难的选择。

二、《英国研发路线图》聚焦八大目标，着力打造健康高效的研发体系

报告提出，将聚焦八大目标，加大对研究和创新的支持，加大对人才的激励和吸引，加强国际科技合作，建设世界一流的基础设施，着力打造健康、高效的研发体系。

1. 增加研究投资，激发新的科学发现，依靠科技来解决最紧迫的问题。2020年3月，英国政府宣布到2024/25财年，英国公共研发投入将达到每年220亿英镑。英国政府表示支持变革性研究，认为虽然变革性研究极有可能失败，但他们产生的长期回报极大。英国将培育多元文化，使得拥有多种经验和见解的人们能够充满信心地去领导、参与及合作。从长远来看，英国将审议应如何资助和评估科学发现与应用研究，减少不必要的官僚主义，并确保机构资助和国际合作能够支持英国实现其宏伟计划。

2. 确保研究的经济和社会效益方面成为世界一流。英国将成立一个创新专家组，帮助评估和改善英国对整个创新体系的支持，包括加强科学发现、应用研究、创新、商业化和推广应用之间的联系。英国将充分考虑四地区（指英格兰、苏格兰、威尔士和北爱尔兰）创新支持系统的差异。英国政府认为，激励私营部门投资并支持公共服务，对于充分利用英国前沿的研究基础是至关重要的。

3. 支持企业家和初创企业，并增加从事研发公司的资金流，促进其规模扩大。英国将利用竞争优势和比较优势，使英国可

以在关键行业、技术和理念上引领世界。英国将确保本国拥有最佳的监管系统来支持研发。

4. 吸引、留住和培养多样化的人才和人才团队。英国将通过制定新的研发人员和文化战略来实现这一目标。英国将致力于提高整个研发劳动力队伍中职业的吸引力和可持续性，这些职业不仅涉及研究人员，还涉及技术人员、创新者、企业家和其他从业人员。英国提出要设立人才办公室（an Office for Talent），该办公室将采取一种新的主动方式来吸引和留住人才，将全球最有前途的科学、研究和创新人才留在英国。

5. 确保研发体系为研发议程做出最大贡献。英国将在全英范围内开展合作，促进资助者、研究人员、从业人员和公民领袖之间的更广泛合作以形成一个系统，通过研发带来更强的地方经济效益进而改善人们的生活质量。

6. 为基础设施和研究机构提供长期灵活的投资。这将使英国能够开发和维护最先进的研究、开发和创新基础设施，采取敏捷和灵活的机制，使其能够发挥最大作用。英国将在大学、公共部门研究机构和其他公共资助实验室体系的基础上，发展英国的大型基础设施、实验设施、资源和服务，使之处于世界领先地位。

7. 加强与新兴和发展中国家的研发合作伙伴关系。英国将提出新的合作资助方式，以确保英国可以进一步从国际科学合作伙伴关系中受益，这将为加强合作、贸易、增长和提高影响力创造新的机会。英国将确保本国科学与创新共同体、人员、机构和基础设施处于对外开放状态，并吸引来自全球的合作与投资。英国的目标是与欧洲合作伙伴保持紧密和友好的合作关

系，力求就参与欧盟研发计划达成公平和平衡的协议。如果英国不参与诸如“地平线欧洲”（Horizon Europe）之类的计划，英国将弥补资金缺口，并制定替代计划。

8. 确保英国的科学、研究和创新体系能够满足社会的需求。
英国希望确保后代乐于在各领域从事研发职业，证明科学是为所有人服务的，从而提高生活质量，促进经济增长和环境改善。

该路线图是关于应采取什么行动以及如何采取行动的大型对话的开始。英国政府目前正在开展在线调查，就以下问题征求公众意见。这些问题包括：（1）如何通过研究（包括通过实现更大突破）来最大程度地增加知识和增进理解？（2）如何通过有效运用新知识来最大程度地提高研究的经济、环境和社会影响？（3）如何鼓励创新，并确保创新不仅在英国的尖端行业中得到最大利用，而且还贯穿到整个经济领域和英国整体公共服务当中？（4）英国如何吸引、留住和培养多元化的人才来担任研发角色？如何使研发有利于每个人？（5）如何确保研发在全英范围的升级中发挥最大作用？（6）如何增加研究基础设施和研究机构以支持英国的愿景？（7）应如何最有效、最安全地与全球合作伙伴合作？（8）英国如何才能把握这一新愿景带来的优势，听取广泛的声音以确保研发为社会服务，并激发新一代的科学家、研究人员、技术人员、工程师和创新者？在接下来的几个月中，英国政府将与其下四个地区的政府密切合作，根据本路线图中的建议制定全面的研发计划，这些计划将涵盖或影响其下政府部门的政策责任。

三、改进研发体系，促进英国经济在疫情之后迅速复苏

科学研究迅速提高了人们对新冠肺炎的认识。新冠疫情

发生后，世界各国 / 地区的资助机构迅速采取行动，对相关研究给予大力支持。世界各地科学家们将工作重心放在了这一全球优先事项上，开展跨国和跨学科合作，并开放、快速地共享研究结果。迅速而有针对性的资助可以使研究人员和政策制定者联合起来，明确和解决紧迫问题，并促使企业能够以新方式进行协作以满足国家需求。英国新冠肺炎基因组联盟（COVID-19 Genomics UK）已对世界上 50% 以上的新冠病毒（SARSCoV-2）基因组进行了快速测序。研究结果不仅帮助英国，而且能帮助全世界最严重的患者。英国提出要继续追求整个研发体系的这种开放、连通和协同合作。

报告指出，英国许多企业已经意识到需要创新才能在当前新的经济形势下蓬勃发展。在遇到突发事件期间有更多机会扩展到新市场，并且更有可能在严峻的贸易条件下保住员工和保持成长。确保研发能够为全英人民和企业带来快速持久的收益，英国将采用全系统方法进行必要的大胆改革，以确保其研发体系适合现在和将来的目标。

报告指出，英国和世界面临的最大挑战是建设低碳经济并增强对气候变化影响的适应力。新冠疫情深刻提醒人们，世界容易受到系统性风险的影响。气候变化、自然环境和生物多样性丧失对国家的繁荣与安全构成了重大威胁。英国研发部门将通过挖掘技术潜力来抵御这些风险，例如开发诸如氢、碳利用和存储、零排放车辆和零碳工业过程等技术以及基于自然的解决方案（包括自然环境恢复、植树造林以及在建立可持续的农业和粮食供应链方面的创新）。新冠流行从根本上改变了人们的行为和风险观念。人们已经在利用社会科学专业知识来认识由于新冠流行而导致的

行为方式的变化，以及如何通过维持某些行为来促进绿色复苏。

（编译：郑玲，责任编辑：苗晶良）

文章来源:

<https://www.gov.uk/government/publications/uk-research-and-development-roadmap/uk-research-and-development-road>



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 54 期（总第 482 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 11 月 28 日

美国研发竞争力及国际比较

〔编者按〕美国科学促进会网站 2020 年 10 月发表文章《美国研发竞争力及国际比较》，利用经合组织最新统计数据分析了全球研发的主要趋势，对美国的研发竞争力及中国、日本、欧盟等主要经济体的科技创新表现进行了比较分析。在研发竞争力国际比较中主要关注的指标包括研发投入、研发强度（研发占 GDP 的比例）、研究人员、专利活动等。结果显示，美国的研发投入总量世界第一，中国研发投入增长迅速；以色列和韩国的研发强度世界领先，美国居世界第十位；中国的全时研究人员总数迅速增加，但人均研究人员数量不及其他国家；近十年中国三方专利申请量增长迅猛，但与排在前三位的日本、欧盟和美国还有一定的差距。

一、全球研发支出：中国持续迅猛增长

研发（R&D）活动——产生新知识和创造新技术方面的资金投入是创新的基础。长期以来，美国在研发支出上一直遥遥

领先，中国近年来却迅速增长。从 1995 年到 2018 年，中国来自政府和私营部门的研发投入平均每年增长 15% 以上，几乎是韩国的两倍，韩国是主要研发投入国中增长率排在第二的国家（见图 1）。

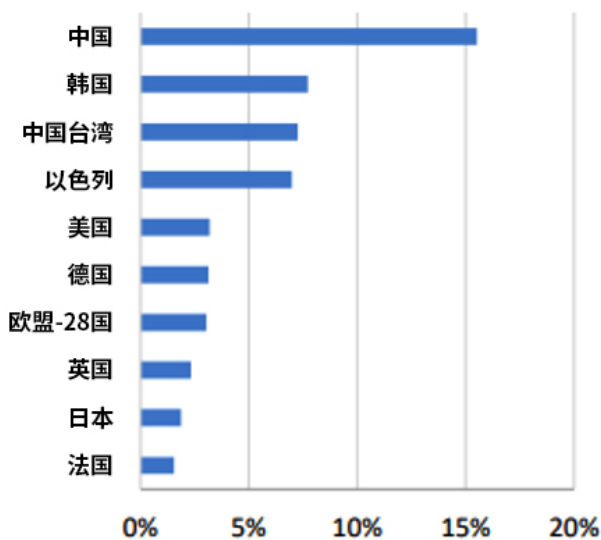


图 1 1995 年以来研发投入年均增长率

数据来源：OECD

经合组织数据显示，2018 年中国的研发投入达到 4630 亿美元，仅次于美国居世界第二位，比美国低 890 亿美元（图 2）。美国目前占全球研发投入总额不到 30%（以按照购买力平价调整的定值美元计）。

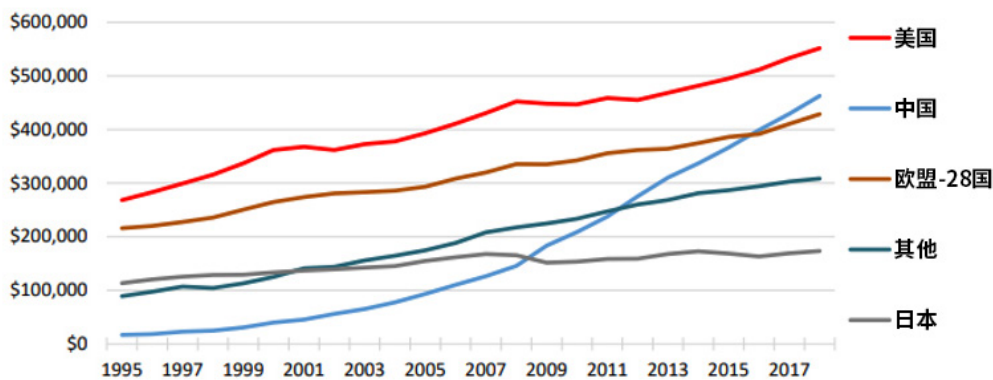


图 2 世界各国 / 地区的研发投入（百万美元）

报告指出，许多分析人士一度认为，中国的研发支出会赶上美国。然而，图2中的数据表明这并没有发生。为什么没发生？一个简单的答案是，中国的物价上涨了，比以前的估计更多地提高了研究成本。经合组织调整其国际比较以实现购买力平价，以消除国家之间的价格差异，尽可能实现对等的比较。经合组织以前一直依据2011年的价格进行上述调整，但今年更新了其方法论，以2017年的价格水平为依据。在这六年中，中国的商品价格一直在上涨，接近全球平均水平。

二、研发强度：美国研发强度列世界第十位，以色列和韩国世界领先

研发强度即研发占国内生产总值（GDP）的比例，它用来表示一个经济体用于研发的资金投入的相对份额。研发强度是衡量经济创新程度的另一个指标。例如，以色列和韩国这两个研发密集型经济体，其研发总支出远低于美国和中国。但是，这两个国家单位GDP的研发投入要比其他国家高，一定意义上表明其对科学和创新的重视程度更高。

美国现在的研发强度排在世界第十位，在1995年后一度排名世界前五位。当时，韩国、中国台湾、德国和其他国家/经济体的研发强度已超过美国（图3）。中国的研发强度有所提高，不过仍然落后于美国。截至2018年，中国的研发强度为2.1%，美国的研发强度为2.8%。以色列和韩国的研发强度全球领先，两国研发强度均超过4.5%。日本、中国台湾、奥地利等经济体的研发强度也居世界前列。

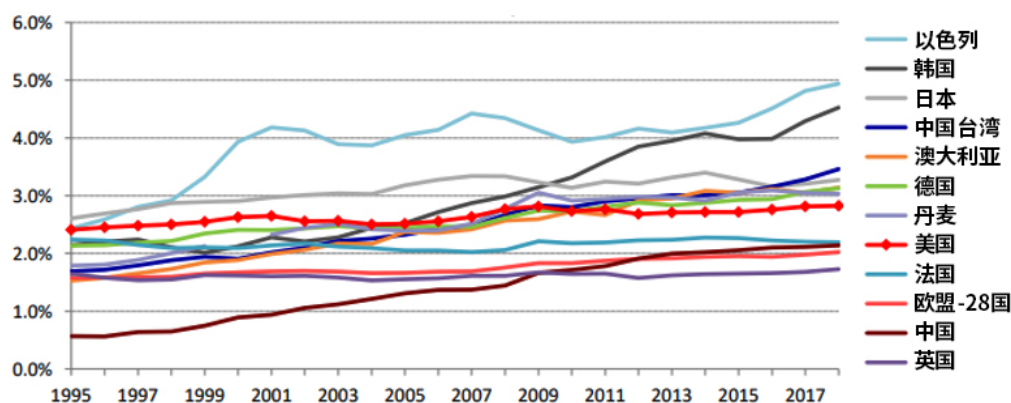


图3 世界各经济体研发强度（研发总额占GDP的比例）

研发投入是指公共和私营投入的总额。如果只考虑公共研发投入，美国公共研发强度的世界排名与研发投入总额占GDP的比例类似。2017年美国公共研发强度排名世界第十四位，1995年一度排在世界前五位。受金融危机影响研发支出一直下降(图4)。公共研发强度排在世界前列的国家包括奥地利、韩国、德国、丹麦、法国等。

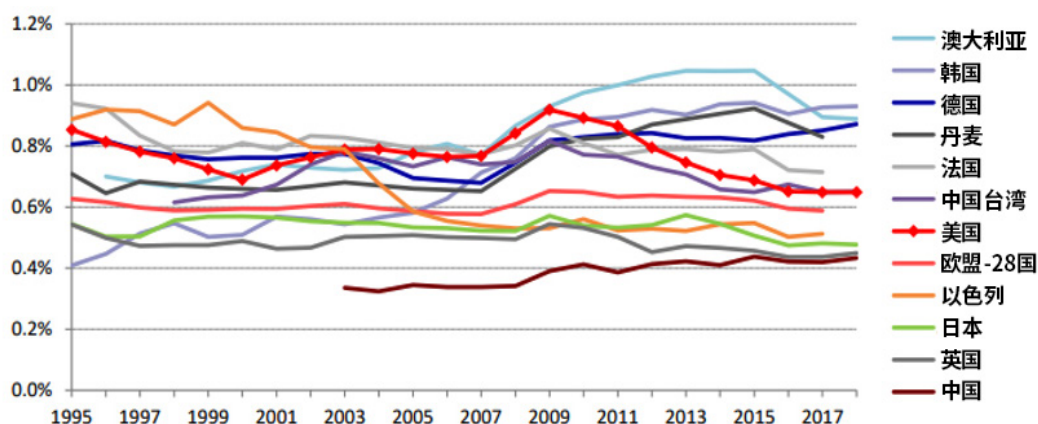


图4 世界各经济体公共研发强度（政府研发投入占GDP的比例）

三、研究人员：中国遥遥领先

创新型经济不仅需要在研发方面进行投资，还需要能够进行研发并利用研发产生知识的劳动力。根据经合组织的测算，中国的全时研究人员总数迅速增加（自2009年以来中国对“研

究人员”的界定已按照经合组织的指导原则进行)。中国现在有将近 200 万名全时当量的研究人员,而美国研究人员数量有将近 150 万(图 5)。欧盟 28 国研究人员数量最多,高于中国和美国,日本和德国的研究人员数量,排在美国之后。

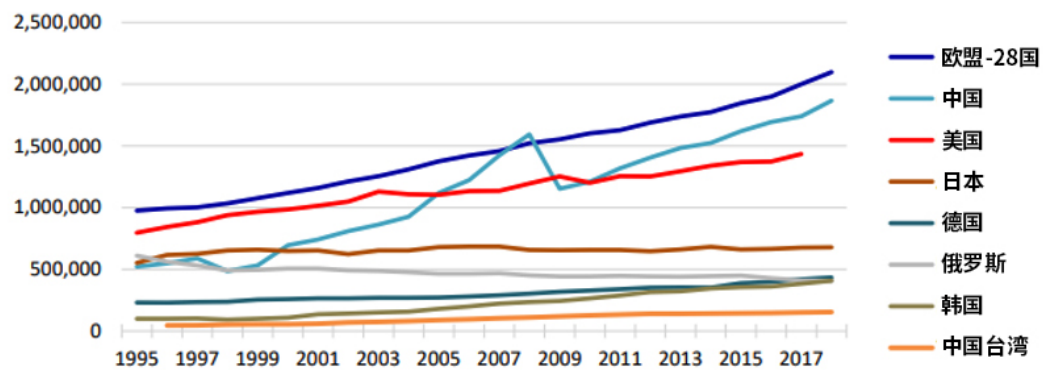


图 5 各国 / 地区研究人员总量

与研发一样,研究人员的人数也可以根据劳动力的规模进行调整,这可以作为衡量经济创新程度的替代指标。如图 6 所示,世界领先的丹麦和韩国的人均全时研究人员比美国多 50%。中国虽然在这方面取得了进步,但由于其整体劳动力规模庞大,人均全时研究人员数量仍很落后。

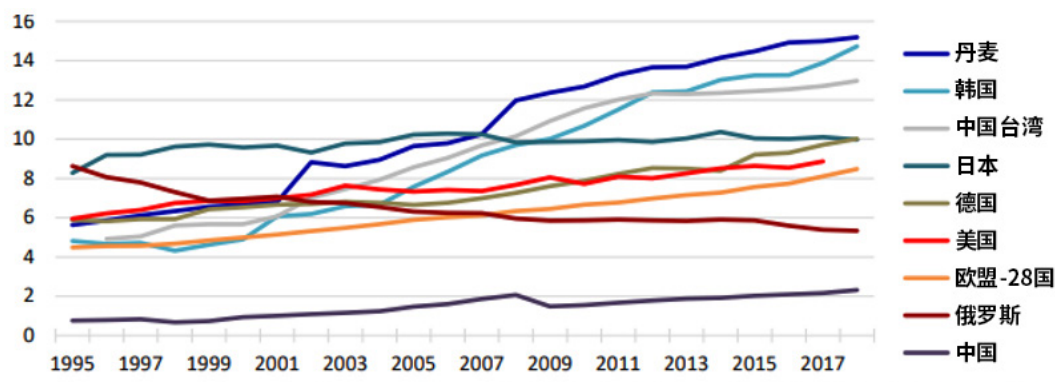


图 6 各国 / 地区每千名劳动力中的研究人员数量

四、专利活动：中国崛起，日本保持领先地位

评估研发投资成效的一种方法是依据专利数量，专利的目

的则是保护从新知识中产生的知识产权。为了进行国际比较，三方专利作为有价值的发明的指标特别有用。“三方专利族”是指在包括美国、日本和欧盟在内的多个专利局注册的同一发明的专利。

图 7 显示了有关三方专利的最新数据。大多数国家申请三方专利的趋势总体看保持稳定，但值得注意的变化是，自 2008 年以来源自中国的三方专利族数量增长了 500% 以上，这是中国创新能力不断提高的又一个指标。日本三方专利数量世界第一，欧盟 28 国居世界第二位，美国居世界第三位，中国目前居世界第四位。

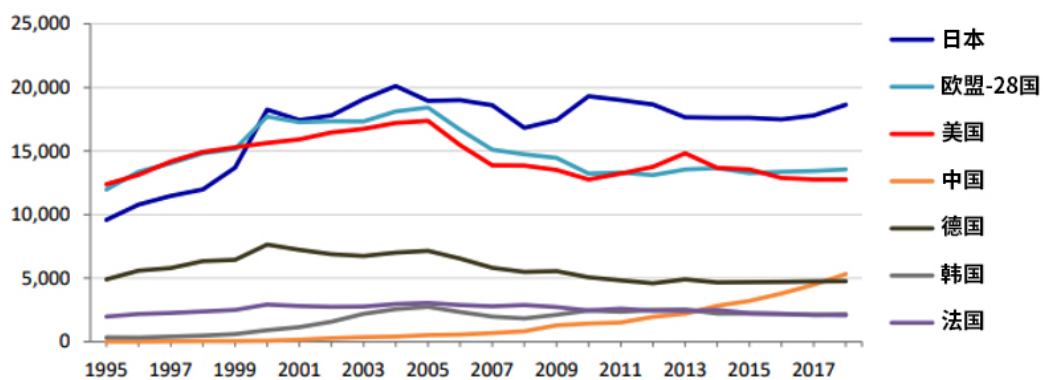


图 7 三方专利族数量

五、未来展望

众所周知，中国受到了世界广泛关注，中国于 2021 年出台的下一个五年计划会继续强调科学和创新。但是其他国家也在继续提高其科学能力和创新竞争力。以下是精选的一些科技创新领先国的简短介绍。

日本 自 1995 年以来，日本政府推出了一系列五年科技路线图，称为“科技基本计划”。最近的第五次科技基本计划提出要将研发强度提高到 GDP 的 4% 的目标，尽管日本这一目标

很可能难以实现（见图3）。日本研发活动的重点将放在推进日本研究官员所说的“以人为本的包容性社会”上。日本继续推行的“登月”研发计划，其目标包括争取在人工智能（AI）、量子计算、可持续发展、疾病预测和其他重点领域的全球领导地位。

欧洲 欧盟继续为下一个总体研究资助计划——地平线欧洲（Horizon Europe）的财务条款进行谈判，欧洲议会迫切希望在今年争取更多的研究拨款。德国在担任欧盟理事会轮值主席国期间一直将研究和创新放在首位。在欧洲新冠肺炎（COVID-19）激增的背景下，欧盟委员会领导层正在寻求建立一个以生物医学高级研究与开发局（BARDA）为蓝本的新的生物医学开发机构。

在国家层面，德国已将国家研发强度目标设定为3.5%。作为增加研发投资的一部分，德国政府制定了《2025年高技术战略》，这是德国政府一系列科技发展路线图的最新成果。当前的战略内容包括人工智能、量子、电池研究和新的生物经济创新战略等。

英国政府最新的预算案中提出，效仿美国国防部的高级研究计划局（DARPA）建立一个新的高风险/高回报机构，该计划五年内将获得8亿英镑（约合10亿美元）的资金支持。英国确立了到2027年研发强度达到2.4%的目标。约翰逊政府希望在研发投入方面采取更为激进的做法。

（编译：裴阳，责任编辑：苗晶良）

文章来源:

[https://www.aaas.org/news/snapshot-us-rd-competitiveness-2020-update;](https://www.aaas.org/news/snapshot-us-rd-competitiveness-2020-update)

<https://www.aaas.org/sites/default/files/2020-10/AAAS%20International%20Snapshot.pdf>



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员: 张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话: 68788193

创新研究报告

第 55 期（总第 483 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 12 月 6 日

美国公民科学战略： 为管理和保护自然资源提供路径

〔编者按〕2021 年 1 月中旬，美国国家海洋与大气管理局（National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA）发布了《公民科学战略》（*Citizen Science Strategy*）报告。为促进对自然资源的有效管理和保护，该战略通过利用公民的力量以更好地观测、预测和认识环境。本文对报告中提出的 5 个目标和 6 个 NOAA 的实践案例进行编译。

根据《众包与公民科学法案》（Crowdsourcing and Citizen Science Act）的定义，公民科学是个人或组织以不同方式自愿加入科学活动的一种开放式协作形式。包括：（1）提出与研究问题；（2）创建并完善项目设计；（3）开展科学实验；（4）收集并分析数据；（5）解读数据结果；（6）开发技术与应用；（7）带来发现；（8）解决问题。此外，公民科学还有其他命名，例如，社区科学、志愿监测和公共参与。公民科学、

众包模式和有奖竞赛为 NOAA 通过与美国公民互动解决社会需求并推进科学、技术与创新提供了机会。该战略中的“公民科学”一词涵盖了这三方面的能力。

该战略对接强调公民科学独特优势的《众包与公民科学法案》（*Crowdsourcing and Citizen Science Act*），如包括加快科学研究、增加成本效益并最大限度地提高纳税人收益、解决社会需求、提供科学、技术、工程和数学教育（STEM）中的实践性学习，并将公民与联邦科学机构的使命直接联系起来。它还与《2018 年国家综合干旱信息系统再授权法案》（*National Integrated Drought Information System Reauthorization Act of 2018*）第 8 节中的建议保持一致，以改善国家气象局长期以来的公民科学计划——合作观察员计划。

此外，该战略还对 NOAA 科学咨询委员会发布的《公民科学支持基于生态系统的数据需求方面的潜力》（2018）（*Potential for Citizen Science in Support of Data Needs for Ecosystem-Based Science 2018 Report*）报告提出的建议给出了解决方案。NOAA 全力支持政府提出的“释放联邦资源、加强政府内外的伙伴关系、鼓励公民应对重大科学挑战”的承诺。并与科学技术政策办公室主任 Kelvin Droegemeier 博士在公开发布的《联邦奖和公民科学影响力的实施：2017—2018 财年》（*Implementation of Federal Prize and Citizen Science Authority: Fiscal Years 2017-18*）报告相符。

最后，《NOAA 公民科学战略》通过推进创新及提供更多数据流支持《加快美国领导力并支持商务部战略计划经济活动》（2018-2020）（*Accelerate American Leadership and Support Economic Activity of the DOC Strategic Plan for 2018-*

2022) 设立的目标。

一、NOAA 的公民科学战略目标

该战略包含五个目标，它们共同推动变革并帮助 NOAA 充分利用公民参与的力量支持其任务领域。



1. 协调并支持 NOAA 的公民科学工作

NOAA 重视公民参与和帮助他们达成各项任务的独创智慧。对项目管理者而言，采用最佳的实践措施与项目参与者建立信任关系、评估项目影响和生成高质量数据是至关重要的。为此，NOAA 保有一个实践群体，由主题专家为信息交流提供基础。通过建立和支持能够有效参与公民活动的内部群体，NOAA 能够保持在创新的前沿。

具体目标：

- a. 强化并扩大 NOAA 实践群体；
- b. 提高对公民科学的认识和使用能力，使之成为具备可行

性且日益强大的工具，从而吸引公民参与，以帮助 NOAA 实现其使命；

- c. 制定灵活多样的指标和流程以跟踪项目和影响力；
- d. 确保项目管理者充分考虑项目参与者的特殊需求、技能和动机；
- e. 建立一个正式的项目并指定项目管理者，基于现有的资源支持已有的新项目，并增加合作机会；
- f. 在 NOAA 预算申请中认可公民科学。

2. 在资源允许的情况下将公民科学纳入到 NOAA 的任务活动中

NOAA 将在机构内增强公民科学的适当应用以推进部分任务领域发展，帮助填补数据空白。通过提高工作人员对公民科学的认识，使其理解公民科学是满足科学和教育需要的有效的工具，并突出公民科学所具备的提供额外利益（例如与利益相关者建立合作关系）的独特能力。它将帮助 NOAA 的工作人员更好地解决他们面临的复杂问题。

具体目标：

- a. 关注那些参与者在项目开发中发挥关键作用的公民科学和社区活动，以满足研究和监测需求并帮助制定能够解决复杂科学问题的创新方案；
- b. 确保在项目设计和实施中纳入多样性、公平性和包容性的考量，从而使公民科学的优势最大化；
- c. 通过与 NOAA 的其他科技重点领域合作，最大限度地发挥共同的影响力；
- d. 鼓励在新的合作机构（CI）计划中纳入公民科学，鼓励现有的合作机构纳入公民科学突出的数据和应用。

3. 促进 NOAA 的公民科学数据质量和可获取性

公民科学的核心目标可能侧重于学生教育，而另一些则主要是为科学和管理收集数据。NOAA 的公民科学数据都应代表 NOAA 的高标准，维护 NOAA 作为客观、可靠的信息来源的声誉。为此，确保在项目设计过程中以科学质量和数据可靠度为核心考量。由于法律、监管或政策行动需要而收集的数据在使用上可能有特定的要求，公民科学数据必须满足这些要求才能为此类行动所用。另外，相比于为提高公民理解而收集的数据，在展示数据采集方法的过程中体现透明度。最终目标是使机构的程序和资源到位，以确保 NOAA 及其附属的公民科学项目将合适的数据投入使用。

具体目标：

- a. 确保在项目设计过程中以科学质量和数据可靠度为核心考量；
- b. 提供战略和模板，以帮助 NOAA 项目在确保数据质量的同时采用并记录最佳实践；
- c. 鼓励 NOAA 项目最大限度地提供数据和元数据的可获取性，并在展示数据采集方法的过程中体现透明度；
- d. 确保项目能够访问满足其需求的数据库和可视化工具；
- e. 确保适当数据的合理使用，特别是在考虑公民科学数据做监管用途时；
- f. 确保 NOAA 赞助或应用的公民科学数据遵循《NOAA 数据战略》的原则和目标。

4. 加强并扩大伙伴关系以促进公民科学发展

协作是每个公民科学项目的基础，也是有效推进机构层面创新工作的关键。与公共和私营部门保持伙伴关系使 NOAA 在

迅速发展的领域中保持领先，为致力于实现新的目标做出贡献。NOAA 鼓励建立新的伙伴关系，为各方独特的技能、方式和观点提出了宝贵意见。这种新的伙伴关系对 NOAA 成为领导者至关重要。

具体目标：

- a. 通过联邦众包和公民科学实践团体以及联邦奖励和挑战团体加强和扩大政府间伙伴关系；
- b. 审查现有的 NOAA 非政府伙伴关系，并对适合添加公民科学相关内容的协议进行修改；
- c. 与私营部门、慈善组织、高等院校、以社区为单位的组织、正规和非正规教育机构、州和地方政府机构建立新的伙伴关系，以扩大双赢项目中公民科学的使用并为技术提供支持；
- d. 与合作伙伴开展合作，以确保 NOAA 公民科学项目管理者了解最新技术和服务，为其工作提供支撑；
- e. 与不同的环境服务机构和专业协会开展合作，以促进 NOAA 公民科学的应用并形成新的合作伙伴关系；
- f. 在 NOAA 执行层的参与与主要利益相关者的沟通中纳入针对公民科学的讨论，包括美国国家科学技术委员（NSTC）的 STEM 教育特别委员会。

5. 提升从业者正确使用公民科学的熟练度

NOAA 为公民科学感兴趣的工作人员提供针对性的培训，从而评估在该项目中采用公民科学是否是一种适当的方法，如何依据最佳实践来设计和应用项目，例如如何成功招募和聘用志愿者。NOAA 现有的发展计划可提供正式的培训。此外，与国家公园管理局、国家保护培训中心、美国林业局和公民科学协会等合作伙伴的合作有助于 NOAA 发展技能和专业知识。

具体目标：

- a. 为公民科学的正确使用提供培训、信息和工具；
- b. 利用并壮大不断发展的研究机构和最佳实践；
- c. 通过内部和外部场所提供正式的培训材料和模板；
- d. 对新的监管人、实习生、学者、研究员开展关于 NOAA 公民科学计划的宣传和教育。

二、NOAA 的实践案例

1. 鲸鱼识别（Whale Recognition）

美国 NOAA 渔业局正在利用公民科学和人工智能（AI）推动濒危的北大西洋露脊鲸的保护工作，主要通过全球合作开展两项举措：一是识别露脊鲸照片。通过运用人工智能识别照片，根据航拍和船只照片自动对鲸鱼进行分类；二是启动从卫星图象中检测鲸鱼的新项目，探索可以利用卫星图像的实用的鲸鱼探测系统。

2. 众包数据（CrowdMag）

NOAA 的 CrowdMag 项目利用了智能手机中已有的技术。该项目通过智能手机中的数字磁计收集志愿者日常生活中的数据，并绘制出完整的磁场图。CrowdMag 拥有 65000 名用户，他们贡献了超过 6000 万个数据点，帮助改进了 NOAA 用于定点、导航和地理定位的应用模型。

3. 社区协作观测雨、冰雹和雪（CoCoRaHS）

CoCoRaHS 是上千个由公民运营的气象观测站，观测后院的雨、雪、冰雹。通过社区协作观测雨、雪和冰雹（CoCoRaHS）网络，超过 19000 名经过培训的观察员正收集降水数据。他们的每日数据实现了小范围覆盖，有助于研究人员和国家气象局更好地了解降水的空间变异性，这些实时报告有助于国家气象局及时

发布恶劣天气状况警报。在微软地球人工智能基金的支持下，CoCoRaHS 正致力于利用人工智能技术帮助处理和共享收集到的数据。

4. 便携式显微镜系统（HABscope）

在佛罗里达州和得克萨斯州，科学家通过参与赤潮呼吸预报来帮助保护公民健康和经济。HABscope 是一种带有视频和人工智能的便携式显微镜系统，科学家通过使用它可以快速分析墨西哥湾赤潮的病原菌 *Karenia brevis* 的水样。

5. “发现”与“开发”竞赛（DISCOVER and DEVELOP Competitions）

海洋观测奖由“发现”和“开发”两项竞赛组成，旨在激励海洋能源和海洋观测领域的加速创新，有助于填补数据空白，实现蓝色经济的全部潜力。“发现”竞赛提出了将海洋观测技术与海洋能源系统相结合的新概念。“开发”比赛将专注于浮标和自主系统。

6. 环境监测龙虾陷阱（eMOLT）

自 2001 年以来，作为龙虾陷阱和大型拖网渔船（eMOLT）环境监测计划的一部分，已有 100 多名商业渔船船长协助在新英格兰海域部署海洋传感器。超过 50 艘船已实时传输 12000 个海底温度，这些数据现在被输入海洋预报模型。这些重要的监测工作使渔业能够在迅速变化的环境中得以维持。

（编译：张弛 孟凡蓉，责任编辑：王达）

文章来源:

<https://www.noaa.gov/stories/noaa-finalizes-citizen-science-strategy>

https://nrc.noaa.gov/Portals/0/Citizen%20Science%20Strategy%20_final.pdf?ver=2021-01-15-103436-693

机构介绍:

美国国家海洋和大气管理局 (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 是隶属于美国商务部的科技部门, 主要关注地球的大气和海洋变化, 提供对灾害天气的预警, 提供海图和空图, 管理对海洋和沿海资源的利用和保护, 研究如何提高对环境的了解和防护。通过追踪资源的可持续利用情况, 从人类和自然双方平衡对沿海和海洋生态系统的利用; 了解包括全球气候的变化和厄尔尼诺现象的气候变化, 保证合理地提出计划采取适当的对策; 提供气象和水循环预报的数据, 以及气候、气象和生态系统的信息, 保证个人和商业运输安全、有效和不能破坏环境。



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 56 期（总第 484 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 12 月 6 日

加快城市创新生态体系建设

城市是我国经济社会发展中开展创新活动的重要基地，是推动国家创新发展的关键所在。创新型城市是创新型国家的重要支柱，是区域创新体系的中心环节。建设若干具有强大带动力量的创新型城市是顺应和发挥科技创新的区域集聚规律，推进创新型国家建设的有力抓手，也是贯彻落实重要指示的重大举措。目前我国创新型城市建设已取得了阶段性成果，但在城市创新生态环境的营造以及生态内各主体的融合方面还欠妥。在科协第 23 届年会之际，我们与多位经验丰富的科技政策专家研讨，剖析生态型创新城市建设中存在的问题，并提出相应的参考性建议，旨在加快城市创新生态体系建设。

一、创新生态是创新城市建设面临的主要挑战

1. 部分城市创新生态体系内各主体之间的协同合作不足，缺乏有效的产学研合作生态

一是创新主体合作意识存在偏差，企业倾向于开展短期内

能够快速商业化的项目合作，而大学和公共科研机构倾向于开展长期合作的基础研究。例如，2020年《全国企业创新调查年鉴》统计数据显示，在全国产品创新开发方面，我国规模以上企业与境内其他企业、研究机构、高等学校以及境外企业或机构合作开发占比分别为8.4%、1.7%、9.3%和2.1%，而86.1%由企业独立开发。在全国工业创新开发方面，规模以上企业与境内其他企业、研究机构、高等学校以及境外企业或机构合作开发占比分别为10.2%、1.5%、8.6%和1.7%，而77.5%由企业独立完成。由此可推测出，在城市层面的产学研合作占比将会更低。

二是创新主体合作效率低下、资源匮乏，合作手续办理繁杂、且影响了产学研合作效率；三是在知识产权方面，大学、公共科研机构及企业对于合作成果的价值及利益分配的认定存在分歧，大学和公共研究机构倾向于以发表论文的形式对研究成果进行公开，企业则为了维持竞争优势倾向于不公开。

2. 部分城市科技投入未能有效实现科技成果转化，缺乏成熟的科技成果转化生态

一是创新意识不强、创新文化不浓厚，引导创业主体进行科技创新的力度还不够大，企业缺乏风险经营理念和自主创新意识；二是缺乏技术创新人才，产教融合度较低，发达地区人才“虹吸效应”导致部分城市人才总量不足，大部分企业和服务机构缺乏人才，导致产业链关键部分的新技术、新工艺不能有效承接应用；三是缺乏高水平大学和高等级科研机构，地方院校专业设置和产业的对接度低，本地高校专业设置和人才培养的对接度不高。

3. 部分城市重视人才引进，忽略精准引才和人才保障机制，缺乏创新人才发展的生态

一是城市高度重视高端人才引进，经常引发城市间的抢人大战，存在不管自身条件盲目抢院士、诺贝尔奖得主等很多不理性的行为，正如全球化智库（CCG）学术委员会专家、中国人事科学研究院原院长吴江所言，城市如果“不问专业、不问需求”地盲目抢人可能造成对教育结构的调整，导致高校新一轮扩招；二是城市引才缺乏专门研究和投入，通常仅初期给予一定的科研启动经费、补贴或享有一定的落户优惠政策等，缺乏持久性人才培养计划。

4. 部分城市重视技术引进，轻视相应的制度建设和未来产业的布局，缺乏健全的创新基础设施生态

一是部分城市片面重视技术引进和产业投资，忽视制度创新与技术创新，产生“南橘北枳”的结果；二是部分城市重视硬基础设施建设，在科技产业园、硬件基础设施建设上十分迅速，但后续软服务则提升较慢，较少建立有效的治理体系。三是创新基础设施建设区域发展严重不平衡，部分城市的创新基础设施，尤其是新型创新基础设施建设有待加强。正如北京大学首都发展研究院院长李国平在“中国区域经济 50 人论坛”中提出的，基础设施建设的不平衡、不充分是形成区域科技创新南北差异的主要原因之一。

二、进一步促进城市创新生态体系建设的建议

1. 以国家科创中心建设为抓手，构建产学研合作生态

一是构建“政 + 产 + 学 + 研 + 用 + 金”六位一体的城市创新生态。“政”，即政府主导创环境；“产”，即企业主体强创新；“学”，即各类人才激活力；“研”，即科技研发出成果；“金”，即金融配套强保障；“用”，即用户参与增效益；二是深化“放管服”、打造全球一流生活（教育、医疗），创建博物馆、图

书馆和科创会议最优城市；三是实施过程中，以项目为依托、以市场为导向，发挥企业创新主体地位，联合高校、科研机构开展科学研究、技术攻关，政府“引线搭桥”，金融机构和用户助力实施，充分发挥各方资源互补优势，以加速产学研合作生态的构建。

2. 培养首席技术官 CTO，服务高技术成果转化

一是在国家层面，设立了国家的 CTO，以首席技术官的模式推动国家技术进步；二是结合城市自身发展特点，在高技术产业层面布局，吸纳擅长技术资源的技术分解和集成的国内外人才，组建 CTO 团队，服务高技术成果的转化；三是在教育培训方面，鼓励高校开设培养 CTO 的独立院系，进行专业化知识培训，加强国际合作，注重与优秀企业开展合作，培养 CTO 预备队伍，保证人才的可持续。

3. 设立“科创特区”，实施顶尖科学家负责制

一是给予顶尖科学家最大的创新自由度，赋予顶尖科学家充分的人财物自主权和技术路线决定权；二是建立市场化、规范化的薪酬体系，提供科学家与国际接轨的薪酬机制与支持基金，完善人才激励保障和资助制度；三是搭建科创人员全球招聘与多元招聘方式，建立引才与引智相结合的用人机制，优化人才引进服务保障和科研管理制度。

4. 强化激励机制，明确科研人员职务发明成果分成比例

一是完善科技人员薪酬制度的设计工作，使科技工作者较一般的工作人员总体上有更高的工资和奖金收入，充分体现尊重知识、尊重人才，激发科技工作者的源动力；二是明确不同类型的职务发明成果类型的奖励机制，结合科技工作本身特点与市场经济规律，对相应科技人员实行项目成果奖、新产品新

增利润提成、技术折价入股、股票期权等分配机制。

5. 加快新型基础设施布局，健全创新基础设施平台

一是加快推进新型基础设施的布局，如以 5G、物联网、工业互联网、卫星互联网为代表的通信网络基础设施，以人工智能、云计算、区块链等为代表的新技术基础设施，以数据中心、智能计算中心为代表的算力基础设施等；二是完善用以支撑科学研究、技术开发、产品研制等公益性质的创新基础设施建设，如重大科技基础设施、科教基础设施、产业技术创新基础设施等；三是加强城市创新治理，出台相应政策以应对新技术带来的知识产权保护、隐私保护、质量保障、数据准入、节能减排、循环经济等新问题、新矛盾。

（本文根据住房和城乡建设部原副部长、中国城市科学学会仇保兴理事长在第二十三届中国科协年会——中国科技智库论坛上的发言整理）



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 57 期（总第 485 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 12 月 6 日

构建数字时代的国家开放式创新体系

2021 年 5 月 28 号，习近平总书记在两院院士大会和中国科协第十次全国代表大会上提出了高水平科技自立自强的重大时代命题。当前，数字化发展成为全球发展潮流，世界各国从经济、科技等多个视角探求数字时代全球可持续发展的道路。面向 2035 年，紧抓新一轮科技革命和产业变革，塑造未来国家竞争优势，我国迫切需要深入研判数字时代国家创新体系的开放模式和主要障碍，切实推动更科学、更高水平的开放。

一、数字时代开放式国家创新体系的特征或趋势

一是开放科学成为重要的科学发展模式。在现代数字网络空间的基础上，数据获取开放、资源开放、成果开放等科学开放模式快速发展，呈现出数据标准一致性、开放平台互操作性、学科异质性、参与主体多元性、监测及时性等特征。传统的科学研究存在大量重复、不同研究领域和最新研究发现不能及时沟通、成果造假不易发现等弊端，2005 年以来，欧美国家推动开放科学理念和实践结合，在明晰立法政策、确立开放数据标准、加强开

放科学平台建设、推动科研基础设施开放、转变科研评估标准、完善开放科学教育培训等方面取得进展，推动了科研创新的跨学科、跨机构和跨国协同发展，提高了科技创新和成果转化的效率。近年来，欧美国家对开放科学的推进卓有成效，在全球得到了广泛关注，多国在积极推进本国开放科学体系。我国先后发布的《科学数据管理办法》《国家科技资源共享服务平台管理办法》，所倡导的科技资源开放共享与欧美国家的开放科学殊途同归。

二是开源技术生态加速技术迭代更新。开源技术生态有助于汇聚众智，降低研发成本，推动技术迭代更新和应用，已经成为全球技术体系的重要内容。GitHub（全球最大的开源代码托管平台）发布年度报告《The 2020 State of the Octoverse》显示，2019年10月到2020年9月，Github上的开发者数量超过了5600万。构建开源技术生态也是“十四五”期间我国科技发展的重要方向，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出，“支持数字技术开源社区等创新联合体发展，完善开源知识产权和法律体系，鼓励企业开放软件源代码、硬件设计和应用服务”。

三是覆盖创新全链条的全球化加快推进。数字技术赋能全球公共产品的提供，全球共创网络成为先进技术的主流模式。数字时代，创新在全球范围内相互交织，主流科学和复杂先进技术以国际共创为基础，全链条的全球化加快推进，包括研发全球化、设计全球化、服务全球化和公共产品全球化。以全球公共服务在数字空间中实时的需求可以全球共享为例，疫情期间，我国搭建的全球抗疫平台连接全球220余个国家和地区的医生，有十一种语言的自动翻译，免费为海外同胞和国际友人提供在线咨询和培训、心理援助、防疫知识科普和疫情播报等

服务，形成中外医生并肩抗击新冠疫情的“新战场”。

二、我国实现高水平开放创新面临的主要障碍

一是推动开放科学劣势明显。相比于世界科技强国，我国推动开放科学的时间较晚。目前世界主要科学数据库均由国外掌控，虽然我国已出台多项由政府或科研机构制定的科技资源开放共享政策和数据管理标准，但相比欧美国家，我国在开放科学立法政策、数据标准、数据平台建设、基础科研设施开放等方面显著滞后，在国家政策、微观规范、标准一致性和落实力度层面相对薄弱，因此很难在开放科学中获益。

二是开源技术生态不健全。当前我国开源技术生态还处于方兴未艾的阶段，现行科技体制难以支撑开源技术生态建设。首先，开源技术研发投入不足。科技部门对开源底层技术的资助力度不够，支撑开源技术研发的金融体系、人才体系尚未形成，我国开源技术生态过度依赖国外开源框架、开源程序和开源平台，面临严峻的“断链”风险。2021年7月，中国工程院院士倪光南在第二十三届中国科协年会上指出，“我国是开源大国，但还不是开源强国”。其次，开源技术生态的治理体系亟待建立。市场化的开源技术平台稀缺，本土开源基金会发展滞后，企业、社会组织缺乏足够激励参与开源技术生态建设。

三是参与全球科技创新网络面临挑战。在全球化过程中，我国科技创新能力不断提升，20年以前，欧洲、德国、美国是推动全球科技发展的主要力量，我国在全球共创技术上的贡献快速增长，从占比微弱增长到2016年的16%~17%、到2019年接近20%。然而，美国发起对华贸易战，动员美国高校、研究所和企业加强对中国的警惕，中国的学者被当成了所谓的非传统情报收集者，建立起全政府对华科技施压的模式。美国政府拉拢

盟友，对华遏制策略扩展至教育领域，强化对我国尖端技术和人才的封锁。新冠疫情全球大流行使得各国纷纷加强对人员的出入境管理，美国及其盟友利用产业链供应链安全进一步打击我国创新制高点，我国深入参与全球科技创新面临挑战加大。

三、数字时代我国实施开放创新的建议

一是加快构建开放科学体系，推进全程、全链、全面的数据开放。健全科技资源共享制度并加大落实力度，从国家层面制定数据共享的路线图，引导各创新主体发挥作用，加快我国开放科学体系构建。第一，建议由科技部牵头组织开展我国开放科学概况的系统研究，形成开放科学背景下的科学评价体系，推进开放科学建设，实现科学研究全过程的可追溯，推动科学知识和数据高效分享及传播，促进研究成果评价机制更加多元和透明，加强科研伦理建设，提高我国科研成果质量。第二，建议科技部、教育部、中科院、工程院等部门共同参与制定统一的数据共享和管理标准，在中国科协设立指导委员会，协助科技管理部门、科研机构 and 产业界制定数据和设备的开放共享政策，依据学科领域特点建立规范细则。

二是加快构建开源技术生态，将开源技术体系建设纳入国家科技重大战略部署。统筹科技部、教育部、中科院、工程院等部门，加大对关键开源技术研发的支持力度，将开源技术作为重点科技资助领域。拓展开源技术应用场景，支持开源设计、开源硬件、开源芯片等开源模式发展。联合政府、研究机构、企业、社会组织参与开源技术生态构建，支持本土开源基金会和开源代码托管平台建设。加强开源生态背景下的知识产权、技术标准、科技管理、数据安全等制度建设。鼓励本土创新主体融入全球开源技术生态，研究和防范开源技术链供应链安全风险，增强

本土开源技术生态韧性。

三是坚持开放包容、互惠共享，深入参与全球创新网络。

复杂情形下，我们要以最大努力化解不同意识形态国家对我国的科技封锁，提高我国技术水平、产业竞争力和全球公共产品供给能力，深度参与到数字时代全球创新网络之中。第一，加强与欧美等科技强国的谈判能力，推进全球科技创新网络相关标准的制定与执行。第二，立足互惠共赢，鼓励我国科学家积极参与和牵头组织国际大科学计划、大科学工程，支持我国科技企业在海外开设研发中心，为科学界、产业界参与全球创新网络提供科技资源、政策等支持，推进全球科技创新网络相关标准的制定与执行。三是设立全球创新基金，资助海外有潜力的青年学者来华交流、学习和工作，着眼长远，构筑引领中外科技创新合作的顶尖人才基础。

（ 本文根据清华大学公共管理学院江小涓院长在第二十三届中国科协年会——中国科技智库论坛上的发言整理 ）



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 58 期（总第 486 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 11 月 12 日

发挥中国科协资源优势，助力科技服务业产业链纵深发展

〔摘要〕 在中国科协全力推动科创中国的背景下，助力地方科技经济融合发展的关键之一是要推动科技服务业发展，当前我国科技服务业虽然在“双创”的推动下取得了快速进步，但面向全产业链条的科技服务还远远不够。中国科协特有的“一体两翼”架构和科技资源优势能够弥补这一关键短板，本文研究政府支持国内外科技服务业发展的典型做法，深入分析我国当前现状和存在的问题，研究提出科协借助科创中国行动助推科技服务业发展的意见建议，供决策参考。

一、科技服务业是助推科技经济深度融合的重要保障

科技服务业是以技术和知识向科技创新及其成果转移转化活动提供专业化服务的产业部门，是一种新型的产业模式和商业模式，是建立现代化经济体系的重要战略支撑。科技服务业是解决经济与科技“两张皮”问题的重要抓手，是推动区域经

济高质量发展的重要引擎。2014 年国务院印发了《国务院关于加快科技服务业发展的若干意见》（国发〔2014〕49 号），明确了科技服务业对创新驱动发展战略的重要支撑作用，并提出“重点发展研究开发、技术转移、检验检测认证、创业孵化、知识产权、科技咨询、科技金融、科学技术普及等专业技术服务和综合科技服务，提升科技服务业对科技创新和产业发展的支撑能力。”为进一步推动科技服务业的发展，各部委、各地方政府也相应加大了对科技服务业的支持力度，整体上看，科技服务业实现了显著进步。

然而，目前科技服务业的发展仍无法完全满足和适应科技经济深度融合和创新发展的需要，虽然改革开放以来科技服务活动一直存在，但“叶茂枝弱、树大根浅”，没有全方位、全链条的科技服务业，就无法适应新发展阶段对科技创新的更高要求。十四五规划对建设专业化市场化技术转移机构和技术经理人队伍，完善金融支持创新体系，知识产权保护运用服务，先进制造业和现代服务业深度融合，培育具有国际竞争力的服务企业，以及建设高效的服务业监管体系等多方面都提出了要求和部署。中国科协十几年来亦相继探索开展了“金桥工程”“千厂千会协作行动”、院士专家地方（企业）行、创新驱动助力工程等，点上工作多但体系化较为不足。2025 年，数字经济将成为中国经济的半壁江山，对应的科技服务必然迎来高速发展，科协的工作也必然会随之升级。科协独有的学会和地方科协“一体两翼”优势，以及非常明显的“平台”属性，使得其在助力科技服务业发展中大有可为。为此，在当前的机遇和挑战下，需要深入研究“科创中国”的一面旗帜、一个资源循环机制、一套融通生态系统和一个技术交易服务平台的科创中国体系如

何助力地方科技服务业的全产业链纵深发展。

二、国外对科技服务业发展给予多方位全面支持

发达市场经济国家采用普惠型财税政策较多，很少有专业领域的财政扶持政策，也没有出台专门针对科技服务业的支持政策。然而，市场经济发达的国家对科技创新的支持包含了对科技服务业的支持，尤其是近年来对科技创新包括科技服务的支持更加突出。

世界发达市场经济国家政府对发展科技服务业的扶持模式可以归纳为三类：一是以美国为代表的注重营造环境的间接支持模式。美国国会通过立法加大政府对科技创新的支持，同时建立不同层次的科技成果服务机构，如 NTTC 技术评估系统、法律咨询资料库等，打通创新链条。如美国议会刚刚通过的《2021 美国创新与竞争法案》提出，5 年内拨款 1100 多亿美元，用于人工智能、半导体、量子计算、先进通信、生物技术和先进能源等关键技术领域的基础及高级研究、商业化以及教育和培训计划，这其中就包含了对战略新兴产业服务业的间接支持；二是以日本为代表的直接支持模式。日本较为强调政府的宏观管理与组织协调作用，为了促进科技成果创新，日本政府在明确重点科技领域研究总方针、总计划的同时，建立多种研究开发制度，以加强对科技创新和成果转化的宏观管理。日本科技振兴机构（JST）通过开展委托开发、创新技术开发研究、专利化支援等事业，在推进产学研合作方面发挥重要作用。三是以欧盟为代表的市场驱动型联盟发展模式。欧洲国家重视国家创新体系构建，欧洲议会、欧盟理事会、欧盟委员会和成员国政府都是技术转移管理机构，并建立了跨国家、跨区域等社会团体，包括欧洲知识和技术转移中心、泛欧知识转移机构网、欧洲许

可执行协会、欧洲科学技术转移专家联合会等。如德国马普学会 1970 年成立了专门机构——马普创新公司，通过该平台将政府专项奖励基金提供给符合条件的创新企业，促进企业与科技机构、科技中介服务的互利合作。

发达国家对科技创新和科技服务的金融支持，既有政府财政支持，也有市场资金支持，但金融的运作都比较遵从市场规律。最典型的是美国，多元化金融支持的特点十分鲜明：如政府的资金支持、多层次股票市场、企业的研发投入、成立专注于创业投资的科技银行、全国性、区域性、社区性三层次的信贷担保体系等，科技创新金融服务体系十分健全。

三、我国科技服务业发展的成绩与问题共生并存

随着我国经济增长方式从要素驱动迈向创新驱动，科技服务业从 2010 年以来得到了快速发展，2018 年末，全国从事高技术服务业的企业法人单位 216.0 万户，从业人员 2063.2 万人，分别比 2013 年末增长了 271.9% 和 77.8%。科技服务业不断涌现出新模式、新业态、新业务，技术市场日益活跃，2019 年我国技术市场成交额达到了 2.23 万亿元，GDP 占比约为 2.3%。据统计，2020 年前 11 个月，规模以上科技服务业营业收入增长 11 个百分点，高于全部规模以上服务业 9.4 个百分点。虽然科技服务业整体上看实现了显著进步，但相比于其它产业，科技服务产业起步晚、涉及面广，而且“横向”交叉特点突出，难于形成抓手，导致在政策支持、服务结构、人才积淀等方面存在一系列问题，散兵游勇、不成体系。

一是政府对科技服务业的支持力度逐步加大。我国的科技服务业相比发达国家起步较晚，但是发展速度很快，这离不开中央、地方各级政府对科技服务业的大力支持。2014 年 10 月 28 日国

务院发布的《关于加快科技服务业发展的若干意见》除了明确 9 项重点任务外，还部署了健全市场机制、强化基础支撑、加大财税支持、拓宽资金渠道、加强人才培养、深化开放合作、推动示范应用等 7 项政策措施，为我国科技服务业的蓬勃发展奠定了坚实的基础。随后，国家又先后出台了《“十三五”现代服务业科技创新专项规划》《关于技术市场发展的若干意见》等系列文件，不少省、市也专门制定了支持科技服务业发展的相关政策，为科技服务业发展提供了良好的政策环境。

二是科技服务业新业态不断涌现。科技服务业的发展支撑了科技创新，而科技的进步与变革也同样改变了各创新要素的流动方式，对科技服务的需求也发生了变化，促使科技服务业的新兴业态不断涌现，服务内容逐渐高端化、专业化、精细化，“一站式、一条龙”线下线上相结合的服务模式成为主流。例如，猪八戒网通过打造八戒科技独立事业板块，汇聚全国海量科技成果、科技人才、科技政策、科研设施和科技服务等科技创新资源大数据，以“平台基础服务+严选创新服务+行业解决方案”模式，构建全域创新服务生态，面向全国创新创业者、企业、院校、园区、政府提供一站式创新服务，助力创新驱动与经济高质量发展。

三是科技服务对经济高质量发展的支撑日益增强。我国科技服务业起步虽晚，但近年来得益于大众创业万众创新等积极的创新政策支持，科技产业园、企业孵化器、生产力促进中心、创客中心、基金小镇等综合性、专业性或专门性服务机构不断涌现，服务模式不断创新、服务能力不断提升、服务质量不断提高，有力地带动了全社会创新创业热情，激发了科技成果转化需求。例如，北京的中关村科技服务业依托于集群化发展战略，集聚了包括知识产权、检测认证、技术转移等上千家涵

盖科技创新全领域、全链条的科技服务资源，为中关村创业产业园创造了 50% 左右的营业收入和利润。

四是科技服务业发展的体制机制尚未健全。科技服务业缺乏明确的法律及行业规范，对权利责任、运营模式、保障措施等没有明确的规定，对市场整体把握能力偏弱，导致服务供给未能适应需求变化，制约了科技服务业的可持续健康发展。值得注意的是，尽管《国务院关于加快科技服务业发展的若干意见》《国家科技服务业统计分类（2018）》明确提出并规范了我国科技服务业的九大服务功能的分类标准及统计口径，但目前无论从国家层面还是地方层面对科技服务业的统计多数只涉及研究和试验发展、专业技术服务业、科技推广和应用服务业三个服务功能，难以准确了解我国科技服务业发展的真实情况。

五是行业内部发展不均衡、结构不合理。当前，从科技服务业产业链布局看，科技服务业企业科技服务层次较低、同质化现象较为严重，缺乏核心技术、自主品牌以及骨干、龙头型科技服务机构，更为重要的是，大部分行业、地区都缺少全链条的科技服务业支撑。虽然各地竞相打造金融中心、生产力促进中心、科技服务中心等，但是造成科技服务平台的重复建设，难以重复发挥各区域的比较优势，科技服务业难以实现跨区域协同发展，导致适应新时期产业发展需求的高层次科技服务供应明显不足。

六是专业化科技服务业从业人员和支撑资金严重不足。由于实际工作需要，科技服务业从业人员往往需要具备多学科复合背景，而目前我国尚未系统构建专业化、复合型科技服务业人才的培养体系，不足以适应科技服务业发展要求。相关认定评价、准入、监管体系尚未健全，职业发展通路不明晰。政府

部门对科技服务业的定位和认识也不够准确，往往只关注科技服务业服务属性，而忽视其效益属性，将科技服务业当作不创造新价值的非产出部门，因此政府对科技服务业投入少、不重视，同时，科技服务业多为中小微企业，也同样面临着融资难、融资贵的困境。

四、充分利用“科创中国”行动助力科技服务业发展

从中国科协多年来开展的工作看，其本身就定位在打通科研和产业的科技服务桥梁上，2020年全力推进的“科创中国”品牌战略，更是要通过数字化平台、科技服务团和试点城市“三位一体”统筹工作机制，全方位推动科技经济融合。针对目前我国科技服务业先天不足和后天薄弱的现状，从中国科协的视角出发，特提出以下建议供决策参考。

一是引导学会加强能力培育，助力行业全链条服务体系建设。许多学会在服务科技经济融合、推动产学研融通创新等方面都在持续开展工作，如参与“百千万”服务区域发展行动，搭建产学研协同创新平台、转化服务平台，建立产业研究院、技术研发与检测中心、技术服务站，成立科技服务团等形式推动企业技术解困与转型升级，攻克关键领域卡脖子技术，推动新技术、新产品转化落地，为地方政府制定战略规划等。首先应着力推动学会不断完善组织体系建设，推进办事机构、用人机制改革，强化会员服务管理，增强自身的服务能力；其次，结合自身的特点和资源优势，了解会员实际需求，为会员提供更加形式多样、符合职业发展特点的服务，以此提升学会的凝聚力，真正为科技社团的活动提供人才支撑，提升科技社团的服务能力；再次要明确学会作为非营利组织，并不等于不营利、不积累、不发展，鼓励在政策法规范围内探索发展的新路径和

新方向，切实服务科技与经济的融合发展。

二是将科技类社团纳入国家创新体系建设。与国家有关部门联合支持中央企业加速成立企业科协组织，在大型民营企业、重点科技型民营企业层面扩大科协组织覆盖面，在企业、科协与全国学会之间搭建合作渠道，进一步推进科技社团改革，将科技社团作为有别于一般社团的创新组织形态，纳入国家创新体系。使科技社团强化服务于社会、企业和科技工作者的权威性的中介组织功能。以企业为主体成立的产业技术联盟或联合体组织可以向有关部门申报作为科技社团组织进行管理。审定通过后参照科协所属全国学会的管理模式，进行备案管理，建立考评和动态调整机制，逐步拓展科技社团组织覆盖面和服务面。

三是利用科创中国平台增进主体间的相互信任联系。发挥科协不受行业、部门、地域的限制，搭建创新发展平台。充分发挥科协的利益协调力量，将产学研通过不同的平台有机地结合起来，使各个主体充分认识到科协在科技资源配置中的重要角色，在人才培养、学科创新、科技科普、学术服务和制度规范等方面的重要作用，以及在组织技术指导和援助咨询等方面的特殊优势，从而更加协调、合理地推进、加强产学研创新体系建设。发挥主动性和积极性，深入基层，准确把握市场需求、学术研究需求和生产需求。积极调研，填补产学研资源供给方和需求方之间的信息鸿沟，搭建社团、企业、高校、科研院所之间的桥梁，主动介入科技创新的各个环节，以灵活有效的方式协调各方利益，在实践中增强产学研各个主体间的信任度。

四是强化科学普及对科技成果转化的助力作用。将科研成果转化作为科学普及的内容资源，不仅能普及科学知识、弘扬科学精神、传播科学思想、倡导科学方法，还能激发创新活力。

要充分发挥科协开展科普工作的传统优势，加强重大科技奖励成果向普通大众的普及力度，就科普工作责任的分配做出明确规定，加强具有科技传播能力的专业性复合人才培养。要发挥科普服务社会需求的作用，在做好科学知识传播的同时，将科技成果转化涉及的技术、市场、产权、金融等各方面的政策与传统的宣传、宣讲、展览等科普方式相结合，普及科技成果转化相关政策，满足普通民众和技术、市场、金融等不同对象对知识的需求。此外，科普要充分发挥其专业和资源优势，主动承担起科技中介机构成长过程中的过渡责任，根据科技成果转化的内容，在研讨、发布、推介、评价、培训、增值等环节开展科普。

作者：

赵 宇 中国科协创新战略研究院创新评估所副所长、副研究员

赵立新 中国科协创新战略研究院副院长

蒋慧工 上海市科学学与科技政策研究会研究员

邓元慧 中国科协创新战略研究院创新评估所副研究员



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 59 期（总第 487 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 12 月 20 日

兰德报告：公民科学在创新领域的新发展

〔编者按〕兰德公司欧洲分部发表《公民科学在创新领域的新发展》报告，旨在厘清 2018 年以来公民科学在医疗健康等领域的创新应用，以及影响公民科学未来方向的热门论题。报告指出，公民科学在个人健康数据和流行病学的研究中日渐流行；新的数据安全采集和应用平台、新的管理模式不断涌现；公民科学在政策制定和基层循证宣传中越来越重要；人工智能和机器学习等新兴技术提高了数据的获取和分析效率；公民科学的人才引进和培养出现了更多的创新方法。公民科学领域的发展为有效的治理和管理带来了新的挑战。

公民科学又称为群智科学，指公民参与重要的科学研究问题。随着公民科学在科学研究和政策制定方面越来越受到重视，近年来世界各地的公民科学活动范围都有所扩大，公民为科学研究做贡献的方式也逐渐增多。公民科学领域关注的热点问题包括：在研究过程中促进不同类型的参与；确保公民科学研究

保持一定的水准；支持各类人群参与其中；确保有效治理和道德实践；管理风险；减轻意外后果等。

一、公民科学在医疗健康领域的应用

1. 个人健康数据管理平台

一些医疗研究会涉及个人健康数据，如阿尔茨海默病的个体风险、行为模式对个人健康的影响，以及为什么有些人更不容易得病等。人们对在这些研究中采用公民科学的兴趣越来越大。于是，通过众包的方式收集和梳理个人健康数据的平台逐渐涌现。例如 Open Humans 和 PatientsLikeMe，人们可以上传可穿戴设备、基因检测和电子病历中的个人健康数据，以用于科学研究。为了便于将众包收集的健康数据用于科学研究，PatientsLikeMe 平台开发了二级门户网站 Open Research Exchange，使用户可以自由地获取 PatientsLikeMe 收集的数据，以促进医疗效果指标的更新和确立。

与个人健康数据相关的公民科学研究对数据平台提出了新的监管要求。这是因为，一方面个人健康数据与其它数据相比更敏感，另一方面这类项目往往缺乏完善的科研管理架构。以健康数据的获取为例，传统的健康数据平台（如大学运营的临床实践研究数据库）往往具备完善的科研管理架构，涵盖多种形式的外部或独立的审查机制。相对而言，众包收集的健康数据来源广泛，例如，从可穿戴设备里被动收集的用户数据。原则上，研究人员必须获得用户的知情同意后才能使用这些数据，然而知情同意流程往往嵌入在 APP 程序或使用条款里，很多情况下用户没有理解或阅读就同意了这些条款。

针对上述数据隐私问题，出现了一些技术性和社会性的干预方式来管理个人健康数据的使用。

技术性干预。如利用特定的软件来实现数据的安全存储和访问；或利用特定的平台，由患者自己或可信任的中介来管理数据。

社会性干预。通过一些组织（如患者数据合作组织、患者数据信任组织等）来管理可能被用作公民科学研究的健康数据。患者数据合作组织通过选举部分患者组成监督委员会作为决策实体；患者数据信任组织则是由独立于数据提供者和使用者的实体来管理数据并进行决策。

2. 流行病学研究

公民科学在流行病学研究中的应用促进了相关平台和 APP 的开发。

流行病学研究有一些特殊的需求和目的，如提示用户在特定的时间输入或收集数据，以及将不同类型的数据集成到一个平台上。这就需要实时收集各种类型的用户信息，包括个人健康数据（心率、血压）、个人情绪数据、用户环境的图像等。

基于 APP 的平台能实时地收集流行病学相关的众包数据。例如，斯坦福大学的健康社区发现工具、加拿大里贾纳大学数字化流行病学与人口健康实验室的智能学习平台，通过让用户拍摄并上传记录他们生活环境的图片，来帮助政策制定者们了解他们的情况，最终改善社区健康环境。

公民科学对医疗健康研究的贡献还包括：提高医疗诊断能力，让患者主导的研究成为可能，外科手术培训评估等。公民科学家能够以更多样化的方式作出贡献。

二、公民科学在政策制定与研究改进方面的应用

1. 各国关于公民科学的政策

世界各国乃至国际组织都越来越重视公民科学，纷纷加大

投入来推动公民科学发展，并将其研究成果纳入决策考量。

欧盟在“地平线 2020”中设立了“社会中的科学 / 为了社会的科学计划”(SWAFS)，明确要求将公民科学和众包服务纳入欧盟的研究与创新。

欧盟还通过“地平线 2020”为“一起做科学”(DITOs)计划提供了近 350 万欧元的财政支持。从 2016 到 2019 年，“一起做科学”共举办了 860 项活动，吸引了来自 9 个欧洲国家的 50 多万名公民参与，提高了决策者和公众对公民科学的认识。

美国的奥巴马政府曾通过“2013 年开放政府国家行动计划”鼓励联邦机构使用公民科学和众包，并为各机构提供工具包以促进更具包容性的研究目标。

奥地利的联邦教育、科学与研究部推出了“闪光科学”计划(The Sparkling Science programme)及其拓展项目“顶尖公民科学基金”计划(Top Citizen Science Funding Initiative)，以促进大众的科学素养和科学参与。其中“闪光科学”计划的覆盖人群从在校大学生逐步扩大到所有年龄段和教育背景。该计划近期支持的项目包括：不同生活方式下炎症对心肌梗塞或中风的影响，奥地利德语演进分析，以及入侵物种日本紫菀的传播方式。

2. 地方社区利用公民科学进行宣传并影响决策

地方社区在一些关于污染和健康差异的研究中通过公民科学扩大宣传并影响政策转变。这些研究多由社区成员或科研人员领导，但通常会请公民科学家协助形成研究问题并解释数据，以确保研究结果与当地社区成员有所关联。这是一种任务驱动的研究，其主要目的就是使公民科学的研究结果能用于地方决策。

美国有许多以环境公正为目标的公民科学项目。例如，马里兰大学的“社区参与、环境公正与健康”（CEEJH）实验室。该实验室与当地社区合作并提出关于环境质量、社区卫生、可持续参与和公民科学方法的问题，如环境公害和污染对健康的影响，利用建筑环境减少蚊子数量等。

3. 公民科学对研究过程的改善

（1）研究资金的获取。数据表明，年轻科研人员和女性科研人员在传统的科研体系中较难获得资金资源，但他们却能成功获得众包研究资金。

（2）提高研究质量。在定量分析研究中，很小的设计差异会造成很大的结果差异，然而研究人员可能选择更能支持自己假设的方法，导致结论偏颇。众包作为定量研究的补充，可以让更多的人基于相同的数据、以不同的方法进行分析，从而提高研究质量。

（3）新的协作出版形式。荷兰埃因霍温理工大学发起了一个通过 Google 合写论文的项目，近 150 人参与了论文写作，最终有 87 人同意成为共同作者。

（4）其他关于提高研究过程质量的建议还包括利用众包实现完全开放的同行评议，即任何人都能参与，所有评论、反馈和修改都在线可见并存档。

三、科技驱动的公民科学研究方法创新

智能手机的普及、新型传感器技术，以及人工智能分析作为公民科学的关键创新方法，使数据收集和分析的新方法得以实施。

1. 数据采集方面

内置传感器的普及使公民科学项目的数据采集方式不断更

新。例如，在卫生服务研究中，研究人员利用腕带自动心率传感器收集的数据来了解护士的压力和疲劳程度。

2. 数据分析方面

人工智能和机器学习在处理大量数据方面表现出色。欧盟委员会和英国研究与创新署都曾研究过在公民科学中如何利用人工智能和机器学习来应对大数据带来的挑战。一位受访专家指出，人工智能和机器学习特别擅长动植物的识别，相关的公民科学项目包括 iNaturalist 和 WildMe。机器学习可以被用于数据的特征识别和噪声消除。

然而人工智能和机器学习的使用也带来了潜在风险。一些人担心这些技术可能改变公民科学参与者的角色。例如，人工智能的提高可能导致公民科学家要么只能承担简单和重复的数据处理任务，要么可能执行人工智能软件和程序无法处理的复杂任务，从而限制公民科学家职能的多样性。如何在新技术和开放科学的方法之间取得平衡是未来公民科学发展的重要挑战。

随着人工智能技术能力的进一步提高，我们也应该反思不同项目的益处和风险都有哪些。首先，任何人工智能软件都需要进行广泛的试验，以确保准确性。其次，在任何项目中，平衡公民科学家志愿者和项目的需求都是至关重要的。也就是说，应理解公民科学家为什么要参与研究，比如有的是对特定的任务感兴趣，有的则是为了学习新知识或技能，或有机会直接与研究人员接触等。了解了这些需求，然后在项目中创造机会，满足他们的需求和期望。

四、公民科学项目参与者的招募与维持

随着公民科学领域的发展，招募和留住参与者，以及使参

与者能够参与的方法不断创新。这些创新包括通过大型媒体（例如 BBC）提高公民的参与意识；运用游戏化的方式激励参与；通过智能手机 APP 程序帮助有读写障碍的群体参与公民科学；使用虚拟同伴（即“机器人”）来影响个体参与者的参与水平，如避免个别参与者过多或过少地参与任务，从而降低数据偏差的风险。

五、提高公民科学和众包能力

研究系统中也出现了建立、传播和扩大公民科学能力的干预措施。包括提供创新的资源和服务，帮助没有深厚编程知识的研究人员开发公民科学平台和 APP 程序，如通过培训、社交活动和给予开发技术解决方案的实践支持。例如，创新平台 CloudResearch.com 和 Quanti.us 通过接入了亚马逊（Amazon）的 Mechanical Turk 众包网站，充分利用了现有平台和设施来帮助民众获取科研资源。

六、其他关于公民科学的重要论题

1. 如何使参与方式多样化？

这包括让公民科学家有更大的空间来影响正在研究的问题，以及让更多的公民科学家参与到整个研究过程中来，如参与到研究设计、数据采集、分析和宣传等环节。

2. 如何保证公民科学的研究质量？

目前有许多保证公民科学研究质量的方法，包括：制定关于数据质量、集成和通用性的标准；成立欧洲公民科学协会、美国公民科学协会、科技合作行动（COST）公民科学小组等组织来指导公民科学实践；回顾公民科学同行或研究人员的贡献；通过辅助信息源验证公民科学数据；以及使用虚拟同行或“机器人”来管控产生偏见的风险。

3. 如何让一些较孤立的群体参与进来？

考虑如何用技术手段帮助较孤立的群体参与公民科学，例如一些不需要信号持续覆盖的项目，在存在语言或文化障碍的社区使用图标和图片等。如何运用公民科学为较孤立的群体赋能也逐渐引起重视。

4. 如何对公民科学进行有效治理？

对公民科学项目的管理不断发展，包括通过技术性和社会性手段来保障数据隐私、安全和知情权，以及数据确权。

技术方面包括：保障数据的安全存储和隐私保护的区块链技术；删除敏感数据（如个人地理定位）的软件解决方案；整合不同应用程序的数据管理平台。此外，数据信托、数据合作、权限管理系统等社会干预手段也逐渐受到重视。

5. 如何管理公民科学相关风险？

越来越多的人注意到以下风险：公民科学家的过度工作状态、财政状况不佳和易受干扰；滥用公民科学获得无偿劳动；将营销活动包装成公民科学来获取用户；以及公民科学家与研究人员之间的权力差别所带来的风险。为了减少这些意外风险，可以采取培训和管理干预的方式，同时澄清公民科学的构成，理解它与其它参与方式的关系，防止公民科学的滥用。

七、对我国的启示

公民科学一方面促进了科学的普及，另一方面也带来了数据安全的挑战。为加强公民科学数据的管理，更好地促进公民科学发展，应充分吸收国内外数据安全管理的先进经验：一是强化数据安全立法；二是在国家层面成立数据协调、管理和监督机构；三是加强数据安全监管；四是加快研发数据安全技术；五是大力培养数据安全人才。

(编译：裴阳，责任编辑：王楠)

文章来源：

https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR4401.html;



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 60 期（总第 488 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 12 月 20 日

关于“科创中国”试点城市分类评价研究的 若干思考

一、评价背景与分类的必要性

2020 年以来，中国科协落实习近平总书记系列指示精神，积极应对国际关系、疫情防控和经济社会发展的严峻挑战，找准定位，精心部署，开展“科创中国”品牌建设行动，以价值引领科技工作者投身经济高质量发展，以开放合作汇聚科技与经济深度融合的组织力量。按照中国科协《“科创中国”三年行动计划（2021—2023 年）》和《2021 年“科创中国”工作要点》，中国科协已发布第一批、第二批共计 65 家“科创中国”试点城市（园区）名单。其中，第一批 26 家“科创中国”试点城市（园区）建设工作已经推进一年多，取得良好成效。2021 年 5 月，中国科协第十次全国代表大会闭幕式上发布了中国科协第二批“科创中国”试点城市名单，39 个试点城市（园区）成功入选，分布范围涵盖全国 31 个省份。

由于各“科创中国”试点城市的功能定位、区位条件、产

业基础、科创资源、建设时长等具有明显的差异，结合我院近年来开展双创示范基地等评估的实践经验，采用同一指标体系进行统一排名并不符合“科创中国”试点城市建设和发展的实际，且容易一刀切，不利于试点城市因地制宜发展。因此，基于各试点城市的建设目标、主要特征等对试点城市进行合理分类，更有针对性地构建分类评价指标体系，既遵循“科创中国”试点城市网络演化和试点城市发展的自然逻辑要求，也有利于合理引导试点城市的分类发展，避免过度、无效竞争，更有利于科协赋能地方科协组织，助推地方科技经济融合。

二、评价原则和城市分类考虑

研究好分类问题能够更好地开展针对性评价工作，指导试点城市建设，形成良好的示范引领效应，推广特色创新模式取得实效。由于不同试点城市之间存在特征差异，提出的科创中国建设需求也各不相同。以双创示范基地为例，自2016年以来，国务院分三批布局建设212家双创示范基地。其中前两批按照区域、高校院所和企业三类划分，明确每类的建设目标和建设重点，在中国科协和发改委的指导下，创新战略研究院连续四次开展评估，分类设计了评估指标，以评促建，推动示范基地建设，2020年获批的第三批双创示范基地更有针对性地围绕当前国家经济社会发展需要，按创业带动就业、融通创新、精益创新创业和全球化创业四类进行申报审批，并且第一、二批基地建设期满，也按照这四类调整发展方向，因此，分类评价并随着建设周期的变化适时调整分类策略是这类创新主体顺应经济社会发展的惯用做法。

科创中国与双创示范基地、双创示范城市、创新型产业集群、国家实体经济开发区等不少创新、创业、创造相关的“牌

子”工作有关联，科协应充分发挥好借“将”助攻的作用，在各部委相关部署的基础上发挥科协特长，做好试点城市（园区）建设，这就需以“科创中国”平台聚合创新资源为牵引，本着“地方愿为、科协可为、学会作为、合力共为”的基本原则，研究试点城市分类并针对每一类设计评价指标。

——**地方愿为**，即是中国科协批复的科创中国建设方案正是地方政府急需开展的工作，保证有主动性。

——**科协可为**，即是建设任务要使得科协组织能够发挥实质性作用，保证有归属感。

——**学会作为**，即是学会通过组建地方服务团、科技经纪人发挥“连接器”功能，搭建科技工作者价值实现平台，保证有获得感。

——**合力共为**，即是充分利用中央部委、地方政府在创新创业、园区建设、人才基金等方面的先导政策，共同推动科创中国建设，保证有参与感。

通过对 65 个试点城市建设方案的分析凝练，综合考虑地方发展的实际，科协工作的边界和学会服务的能力，试点城市划分为 9 类，即全域科创试点、产业集聚试点、融通创新试点、人才高地试点、海智基地试点、科创载体试点、科技服务试点、全民科创试点和科创培育试点。通过分类评价形成良好的示范引领效应，推广特色创新模式。持续提升“科创中国”品牌知名度和影响力。

三、试点城市归类和解释

65 家“科创中国”试点城市的建设是基于“一个平台”“一个通道”“一个生态”“一面旗帜”的四个一发展战略指导下开展的。各试点城市在功能定位、区位条件、产业基础、科创

资源、建设时长等具有明显的差异，为更好开展评价工作，我们拟围绕四个“一”发展战略，从全域科创、产业集聚、融通创新、人才高地、海智基地、科创载体、科技服务、全民科创和科创培育9个方面对65个试点城市（园区）进行归类，力图反映出该城市最紧要的建设着力点，部分条件较好的城市能够在多个方面开展科创中国建设，将其归为两类之中，充分体现其建设侧重。

试点城市分类情况如表1所示。

1. 平台型试点城市是指试点城市以会展赛、技术服务等各类平台为切入点开展科创中国试点城市建设。可细分为科创载体试点、科技服务试点。

（1）科创载体试点：此类试点城市希望将科协会展赛和平台等创新载体资源落地形成品牌效应，在创新载体的品牌牵引下促成优势技术项目转移和成果转化，多种创新主体良性互动，助力中小科技型企业发展。

（2）科技服务试点：以培育形成良好的科技服务业态为主要目标，结合产业需求，引进或培育研究开发、技术转移、检验检测认证、创业孵化、知识产权、科技咨询、投融资等科技服务机构，积极打造覆盖科技创新全链条的科技服务体系。推动技术转移人才培养和体系建设，提升专业化服务能力。

2. 通道型试点城市是指试点城市以积极推进科协人才资源有序下沉，以“智汇”打通创新链、产业链关键环节，引领科技和产业发展。可细分为人才高地试点、海智基地试点。

（1）人才高地试点：此类试点城市计划通过共建创新平台、产业集聚牵引、发挥院所资源溢出效应等形式吸引智力资源，并出台了一系列科创人才引进配套政策，通过高端人才集聚带

动产业发展。

(2) 海智基地试点：具有国际贸易与跨境合作基础，或是引进海外人才和离岸创业条件，借助科协力量积极探索对外科创合作机制，加强引才引智、推动国际科技交流，构建海外创业服务网络，培育本土企业开拓国际化市场的能力。

3. 生态型试点城市是指试点城市通过推动融通创新、营造良好的创新创业环境，不断提升试点城市的科创活力和水平。可细分为全域科创试点、产业集聚试点、融通创新试点。

(1) 全域科创试点：在试点城市全市范围内，充分利用科协资源开展建平台、解难题、促转化、助创业等全方位科创中国活动，该类试点城市产业较为完善，各区承载力强，容易形成多点开花的局面。

(2) 产业集聚试点：此类试点城市围绕特色产业不断集聚、延续上下游企业，具有高度专业化分工和产业配套条件，希望借助科协资源进一步强化产业链创新链布局，在行业内占得龙头地位。

(3) 融通创新试点：以推动产业链上中下游企业融通创新和产学研协同创新为主要建设方向。计划实现“政产学研金服用”的创新网络和创新生态，高校院所、科技服务，产业配套较为完善，具有相互协同融合的基础，希望通过科创中国更好促进多元主体之间的知识流动，探索出科技成果转移转化的有效机制与模式。

4. 旗帜型试点城市是指试点城市的建设旨在团结调动地方人民群众科创积极性，从小处着眼，因地制宜探索科协能够帮助城市现实之所需。可细分为：全民科创试点、科创培育试点。

(1) 全民科创试点：结合国家精准扶贫、美丽乡村建设等

重点任务，选中一到两个突破点，利用好科协服务站、服务团、科技咨询优势助力推进农业相关领域科技创新，探索一条需求牵引、以科技创新助力乡村特色产业发展的道路，打造国家乡村振兴的样板间。

（2）科创培育试点：此类试点城市（园区）尚处于转型升级发展阶段，在科协协助下，从小处着手挖掘企业科技创新需求，解决一到两个关键瓶颈问题。

表 1 科创中国试点城市（园区）分类

试点类型	细分类型	试点城市（园区）	数量
平台型试点	科创载体试点	中关村软件园、上海杨浦、温州、广州、泉州、沈阳经开区、濮阳、武汉东湖、包头、咸宁、重庆永川、青岛	12
	科技服务试点	天津南开、荆门、襄阳、松山湖、柳州、兰州新区、泰安、德阳	8
通道型试点	人才高地试点	大连、保定、衡阳、西咸新区、南昌高新区、宁波	6
	海智基地试点	大连、珲春、哈尔滨新区、上海长宁、深圳、嘉兴、无锡	7
生态型试点	全域科创试点	滨海新区、成都、长沙、深圳、济南、广州	6
	产业集聚试点	北京经开区、徐州、常州、芜湖、菏泽、泉州、铜陵、宁波、南宁、台州、潍坊	11
	融通创新试点	天津宝坻、鹤壁、佛山、嘉兴、西咸新区、重庆高新区、无锡、银川、福州	9
旗帜型试点	全民科创试点	运城、巴音郭楞、吕梁、巴彦淖尔、呼伦贝尔	5
	科创培育试点	哈尔滨新区、贵港、崖州、昆明、贵阳、天水、西宁、石河子、七台河、拉萨	10

四、评价相关建议

一是着眼未来，将发展性理念融入分类评价中。在推进试点城市分类评价的过程中，既需要在被评价对象之间进行横向比较，以了解被评价对象在总体中所处的状态与水平；也需要对被评价对象及其过去进行纵向比较，以了解被评价对象的进步与发展程度。对于基础较为薄弱的试点城市，更适宜用发展性的视角进行纵向比较，而非横向比较，以此来引导试点城市发挥优势、补足短板，切实提升自身能力。

二是科学、合理地利用分类评价结果，践行以评促建的目标导向。尽管分类评价能有效避免同一指标体系产生的偏差，但不可否认，任何指标体系和方法都有“不完美”的地方，并非是简单地将一个排名表拆分为多个排名表，要理性地对待排名，削弱与淡化排行榜的消极影响。要结合评价指标，科学、合理地分析各试点城市在建设发展中存在的短板，将评价结果与试点城市下一步的发展结合起来，及时调整发展方向、发展方式。同时，不同类型、不同发展阶段的试点城市其发展需求存在差异，因此他们对资源配置的要求也不尽相同，将评价结果作为资源配置的参考依据，有助于提高资源配置效率，为下一步“科创中国”创新网络建设提供参考。

作者：

赵立新 中国科协创新战略研究院副院长、“科创中国”成渝挂点工作组组长

赵 宇 中国科协创新战略研究院创新评估研究所副所长、副研究员、“科创中国”成渝挂点工作组联络员

邓元慧 中国科协创新战略研究院创新评估研究所副研究员

顾梦琛 中国科协创新战略研究院创新评估研究所副研究员

刘雅琦 中国科协创新战略研究院创新评估研究所博士后



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 61 期（总第 489 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 12 月 29 日

2030 年全球经济主要趋势

〔编者按〕美国知名智库战略与国际问题研究中心发布了《2030 年全球经济主要趋势》（*Key Trends in the Global Economy Through 2030*）报告，该报告概述了从现在到 2030 年全球经济的主要趋势，包括服务和数字商务的重要性不断提高，自动化和人工智能对经济的影响增加，全球供应链向区域化转变以及劳动力老龄化等。报告认为，未来全球经济的重大变化将对美国的竞争力及其在全球的领导地位构成挑战。

一、背景

全球经济正在发生重大变化。服务和数字商务的重要性日益提高；自动化和人工智能导致工作性质发生重大变化，将淘汰一些工作并创造出新工作；不仅在美国而且在亚洲，全球供应链向区域化转变；劳动力套利作为全球供应链驱动力的重要性下降；劳动力老龄化和出生率下降带来人口挑战；印度太平洋地区在全球经济上日益重要而欧洲和南美的相对经济比重下

降。在此背景下，美国知名智库战略与国际问题研究中心(*Center for Strategic and International Studies*) 发布了《2030 年全球经济主要趋势》报告。

二、报告的主要内容

1. 未来经济的构成

未来全球经济将更加以服务业为主导。多数经济体将从制造业和原材料生产转向服务业。在过去十年中，低收入国家的服务业增加值已占 GDP 的 40% 左右，而同期中等收入国家服务业的占比已从 49% 增至近 54%。对于经济合作与发展组织（OECD，简称“经合组织”）成员国而言，服务业约占 GDP 的 70%。

服务业将在制造业中发挥越来越大的作用，既可以促进生产率最大化，又能提升产品价值。在美国和其他向数字经济转变的经济体中，即使在制造业就业人数下降，服务的作用也仍然很突出。服务越来越嵌入到产品中，并与产品一起提供。制造业已经变得依赖于管理、研究、设计、销售、物流和供应链管理、金融等服务以及大量数据驱动的服务。从这个意义上讲，竞争性服务行业将继续推动未来的竞争性制造业。目前，经合组织国家制造业出口中有 30% 至 40% 是由国内外服务业提供的增加值。1995 年至 2009 年期间，几乎所有经合组织成员国服务业创造的价值在制造业出口中的占比都在增长，并且预计将继续增长。

到 2030 年及以后，美国经济在全球经济中的份额将会降低。普华永道《2050 年世界报告》显示，以购买力平价计算，美国的 GDP 已经落后于中国，到 2050 年美国还将落后于印度。与此同时，美国在全球 GDP 中所占的份额将从 16% 降至 12%。

在新冠疫情爆发之前，国际货币基金组织（IMF）预计美国实际 GDP 增长将从 2018 年的 2.9% 放缓至 2024 年的 1.6%。大多数发达经济体都表现出这一趋势，包括欧盟、日本、韩国和加拿大。拉丁美洲、加勒比海、中东和非洲的新兴经济体的增长则有望加速。预计中国的实际 GDP 增长率也将下降，但仍将远高于 OECD 国家（5.6%）。

2. 全球人口构成变化趋势

在未来几十年中，随着许多工业经济面临人口老龄化和人口增长下降的趋势，全球人口结构将发生巨大变化。日本将在发达国家中首先出现人口下降。目前日本人口约为 1.27 亿，预计到 2050 年将减少 15% 至 25%，降至 1 亿以下。德国也面临人口下降，到 2030 年其人口将从 8000 万下降到 7800 万。韩国、法国和英国等经济体的人口将趋于平稳，到 2030 年年均增长率不到 0.5%。土耳其的人口增长到 2040 年将趋于稳定。2018 年美国的活产婴儿为 32 年来最低，低于人口替代率。尽管美国的移民人口抵消了出生率的下降，但近年来净移民人数有所下降，2018 年同比下降了 70%。中国的总人口将从 2030 年开始下降，2030 年到 2050 年的工作年龄人口将减少近 20%，而同期老年人口将增长约 30%。

3. 供应链的区域化

自 1947 年 10 月关贸总协定签署以来，全球商品贸易额已从 1948 年的 588 亿美元猛增至 2019 年的近 19 万亿美元。运输和物流改善、国家之间工资差距拉大、互联网的广泛采用等因素，刺激企业投资全球生产，从而促进了全球贸易爆炸式增长。然而，有五个因素开始影响全球化的无限制扩张，并通常会刺激供应链的区域化。

一是消费市场在贸易中的重要性不断提高。企业会选择将生产地点定位于主要消费市场附近，以更好地响应市场趋势并缩短产品上市时间。随着全球消费向新兴市场转移，新兴市场经济体将为满足自身消费需求而扩大商品生产，减少了对发达国家市场的依赖。

二是新技术促进供应链的地理整合。例如，自动技术和增材制造最终将导致许多劳动密集型工作过时，并减少其他工作的劳动力需求。新技术将使企业能够加快生产，并鼓励供应商靠近消费者，以更快地提供新产品。

三是更加频繁和强烈的极端天气事件将鼓励供应链的区域化。与气候变化相关的物理风险可能会影响运输和生产成本，延迟货物和服务的交付，从而增加商业成本。随着气候变化影响的加剧，企业面临的不确定性和风险程度也会随之增加。企业将选择缩短供应链，以最大程度降低风险。更本地化的短供应链将使制造商更多地了解和影响供应商的运营，从而有助于减少整个价值链的碳排放。

四是欧洲、中国和印度在新兴产业领域打造领军企业可能导致各种形式的保护主义。在欧洲，欧盟采取了一系列措施使得欧洲的互联网公司可以与美国和中国的巨头竞争。欧盟对该领域监管、竞争和税收政策采取的强力举措可能导致保护主义。中国扶持国有企业抢占关键经济领域的制高点。印度采取了多种方式，在某些领域主张征收关税和采取其他歧视性的支持本土创新的措施，同时采取直截了当的行动禁止中国科技企业的某些应用。

五是新冠肺炎疫情推动了供应链的区域化。新冠肺炎流行导致全球制造业放缓，医疗设备和药品短缺，随之而来的供需

冲击以及其带来的供应链混乱，导致决策者和企业重新考虑为实现效率最大化而进行供应链建设。增大供应链弹性的措施可能会引发民族主义，如要求制造业从离岸转回到本国。但是，实现供应链弹性最可能采取的形式是供应链区域化和多元化的结合。区域化将区域之间的生产划分开来，减少了因依赖单个国家或拉长的供应链而产生的风险。供应链弹性还可以通过多样化来实现。多样化与区域化不是互斥的，而是区域化的补充。新冠肺炎疫情引发了对全球供应链的重新考虑，但是它也促进了远程工作的发展。远程工作可以消除地理位置对招聘的限制，减轻劳动力市场中的重大摩擦，同时为企业拓展跨境业务提供了新的可能性。

供应链区域化不是均衡发展的。一些公司将选择保持全球足迹，而另一些公司可能会与此相反，选择在中国等特定国家/地区生产产品。在上述基本趋势的推动下，区域化的步伐和范围也将受到政府政策以及全球供应链重构的成本和组织复杂性的影响。

区域化将通过减少进出口多样化和简化供应链来改变全球贸易格局。跨国公司将继续为全球市场服务，但会通过多个较短的供应链来实现这一目标，以尽快将产品推向市场。有充分的历史记录表明，国际贸易与生产力增长之间存在因果关系，对外国市场投资与生产力之间也存在因果关系。

全球竞争的加剧淘汰了生产率低下的企业，而高生产率的全球性企业最有可能实现增长。出口企业通过扩大规模，生产专门用于某些目的的产品以及从在新市场运营中获得专门知识以提高生产率。贸易壁垒会降低生产率的增长。

尽管增材制造和人工智能等新技术和工艺可能会抵消全球

贸易和生产率的下降预期，但尚不清楚它们能否在近期的疲软经济中刺激生产率的提高。

4. 创新能力与全球价值链

研究全球价值链可以帮助人们了解某些经济体未来的竞争力。全球化使企业能够从不同国家获取商品和服务，从而促进了全球价值链的形成。商品和服务的采购地点取决于各种因素的竞争，例如成本、人才和质量。但是，并非所有投入都是等同的。例如，某些投入（例如特定产品或高技术元器件背后的核心知识产权）在最终产品中所占的价值可能大于工人在组装最终产品时所提供的价值。

如果外国增加值在一个国家的出口中所占份额较高，可能表明该国实行的是开放的贸易和投资政策，也可能来自其他因素，例如地理因素、经济规模以及获得自然资源的机会等。专门从事上游活动和服务的国家的出口中，其附加值往往较低。而在知识和技术密集型产业，增加值份额高表明该国在先进产业中占据有利竞争地位。知识和技术密集型产业的成功通常是由强大的国内基础推动的，其中包括相对较高的科学、技术、工程和数学（STEM）毕业生占比，卓越的研究和学术机构，开放的贸易和投资政策，以及强大的知识产权保护。这些因素（本质上是基于知识的资产）有助于提升经济体的创新能力，从而推动高附加值的活动。目前，美国在知识和技术密集型行业的增加值方面处于领先地位。

在 2005 年至 2015 年期间，中国出口产品中的外国增加值已经大幅降低了，10 年间下降了 10%。同时，由于日本和韩国的作用下降，中国已开始在亚洲区域贸易中发挥更大的作用。此外，在亚洲区域北美贸易增加值下降的情况下，东亚和东南

亚增加了对北美出口的增加值，但是增幅相对较小。2015 年北美的区域内贸易仍约占制成品和商业服务增加值的 85%。

计算机、电子和光学产品的需求和增加值也发生了变化。2005 年到 2015 年间，北美对这些产品的需求占全球的份额从 37% 下降到 21%，中国的需求份额从 6% 增加到 20%，世界其他地区的份额从 11% 增长到 19%。同时，北美在这些产品类别中的增加值份额从 28% 下降到 17%，而中国从 10% 增长到 28%。

中国目前是世界上最大的中、高技术产品出口国（高技术产品和中技术产品出口额分别占全球的 24% 和 20%）。但是，中国的中高技术产品出口仍然依赖美国、欧盟、韩国、日本的投入。截至 2015 年，中国计算机和电子产品出口增加值的 30% 以上来自国外。总体而言，2015 年对中国的最大投入提供者是韩国（11.4%）、美国（11.2%）和日本（9.3%）。

自 2008 年的经济衰退以来，美国信息通信技术（ICT）产品出口从占全球出口总额的 6% 下降到 4%，美国与中国的 ICT 产品贸易逆差有所扩大。但是，总体上美国依然在全球价值链中占居高端，约占全球高技术出口总额的 12%。自加入《信息技术协议》以来，中国一直是 ICT 产品的组装中心，但中国劳动力成本的上涨将一些低成本的组装活动推向了越南。

尽管未来几年中国的 GDP 总量将超过美国，但在未来 30 年中，美国消费者仍将是最具有消费潜力的人群。这不仅会推动美国市场对创新产品的需求，而且会加速这些产品的规模经济的发展。实际上，一个国家的创新能力与其人均 GDP 呈正相关。但是，美国需要保持强大的 STEM 毕业生水平（尤其是学士以上学位）、一流的学术和研究机构，开放的投资政策以及强大的

知识产权保护，才能继续在知识和技术密集型产业中领先，并保持其在全球高科技价值链上的高端地位。

2008 年以来，欧盟和日本的知识和技术密集型产业一直在艰难地复苏，而中国正从组装等低附加值活动转向研发等高附加值活动，中国在知识和技术密集型产业的增长已超过发达经济体。在包括制造业和 ICT 服务的“信息产业”这一广泛领域中，附加值正在从欧盟、美国和日本转移到中国，中国信息产业的国内增加值从 2005 年的 59% 增至 2015 年的 70%。尽管全球对中国信息产业增加值的依赖日益增加，但美国的国内生产仍可以满足 85% 左右的需求。趋势表明，全球对中国的一般和部分高科技产业增加值的依赖性越来越大，这将迫使美国采取措施以维持美国领导地位。

5. 数字经济

以人工智能和自动化为代表的数字技术可能重塑经济增长的范式。人工智能技术有望在 2030 年使全球 GDP 增长 14%（增加 15.7 万亿美元），尤其是在美国和中国。人工智能和自动化将降低劳动力和商品生产成本在国际贸易中的重要性，促进供应链的区域化，更快地将商品提供给消费者，从而提高服务在全球经济中的重要性。从细分领域角度来看，自然语言处理方面的突破可以消除服务贸易壁垒，并且更容易使小型企业打入国外市场。人工智能与机器人技术的结合将改善各个行业的物流、供应链管理和商品生产。

根据麦肯锡全球研究所的数据，在美国，大约一半的工作场所活动可能由自主机器进行；在酒店和餐饮服务等行业中，一些工作岗位面临替代风险。为了保持竞争力，工人将不得不比现在更多地利用“软”技能。而依靠批判性思维、决策、创

造力和领导力的职业将很难被计算机替代。自动化和人工智能的广泛采用将消除一些工作，并创造其他一些低技能和高技能的工作，例如对蓝领工人更新、安装和维修机器人的新需求以及对工程师和软件开发人员的新增需求等。随着技术的进步，在最适合自动化的制造业行业中，就业与产出之间的差距可能日益扩大。低技能、耗时的人力工作减少所带来的生产率提高，将有助于推动宏观经济一直增长到 2030 年，但对就业带来的影响更加不确定。面对人工智能和自动化可能带来的失业风险，需要采取有针对性的政策和应对措施，以缓解潜在的失业激增。

三、报告对中国的启示

全球经济的数字化转型是大势所趋。数字技术一方面提高了劳动效率，另一方面也对人力资本提出了更高的要求，其对就业的冲击效应不容忽视。据麦肯锡预测，到 2030 年，中国将至少有 1.18 亿人被人工智能或机器人替代，另外大约有 700-1200 万人需要转换职业。因此，要加快数字经济的发展，必须未雨绸缪，多措并举，为新形势下就业结构的平稳转换做好充分准备。

一是加强失业风险预警。建立失业监测预警机制，及时掌握监测企业人员变动情况及趋势；建立专业设置、学生就业与重点产业人才需求相衔接的预测预警机制；强化对重点就业群体的监测力度。

二是加强数字技术人才的培养。在学科设置、课程内容、教学方式等方面与时俱进，紧跟数字时代发展；建立通用的数字技能分类，根据市场需求科学地制定和实施数字人才培养计划；依托企业、职业院校和各类培训机构，建立覆盖全体、贯穿终身的数字数字人才培训体系；鼓励民营机构和非营利组织参与

数字技术人才的培养。

三是完善就业相关法律和社会保障制度。数字经济的发展带来了工作方式的变化，应及时调整相关法律法规以覆盖新型就业人群；工作方式的变化增加了人员的流动性，要确保劳动者在多个单位、地区之间流动时，能够保留医疗和养老保险等福利；推动全面实施全民参保计划，依托互联网平台实现灵活就业人员纳入社会保障覆盖范围。

（编译：裴阳 王楠，责任编辑：王楠）

资料来源：

https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/GlobalEconomy2030_Report.pdf



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 62 期（总第 490 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 12 月 29 日

在不确定的时代加强全球半导体供应链

〔编者按〕2021 年 4 月，美国半导体产业协会（*Semiconductor Industry Association, SIA*）与波士顿咨询集团（*Boston Consulting Group, BCG*）联合发布《在不确定的时代加强全球半导体供应链》（*Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era*）报告。该报告分析了全球半导体供应链带来的益处与风险，以确保其在半导体产业的长期实力与弹性。报告指出，随着生产力的发展和成本的缩减，全球半导体供应链结构在过去三十年中已经实现了巨大的创新，目前依旧出现了新的供应链漏洞，必须通过政府行为来解决，同时采取激励措施来促进芯片的生产和研究。

一、全球一体化数字经济的支柱是半导体供应链

半导体是设计和制造过程非常复杂的产品，产品类型有三十多种，每种类型都针对电子子系统上的特定功能进行优化。开发一个现代芯片需要在硬件和软件方面有深厚的技术专长，

并依赖于专业公司提供的先进设计工具和知识产权（IP）。制造通常需要多达 300 种不同的原料输入，包括原晶圆、商品化学品、特殊化学品和散装气体。在过去的三十年里，半导体工业经历了快速的发展，并带来了巨大的经济收益。

1. 从 1990 年到 2020 年，半导体市场以 7.5% 的年复合增长率增长，超过了同期全球 GDP 的 5%。

2. 半导体行业带来的性能和成本的提高，使上世纪 90 年代从大型机向 PC 机的演变成为可能。

3. 从 1995 年到 2015 年，全球 GDP 增加了 3 万亿美元。

二、半导体供应链

（一）半导体的用途和来源

半导体是高度专业化的元件，其为电子设备提供处理、存储和传输数据的基本功能。今天的半导体大多是集成电路，也被称为“芯片”。芯片是一组微型电子电路，由有源分立器件（晶体管、二极管）、无源器件（电容器、电阻器）以及它们之间的互连组成，在半导体材料（通常是硅）的薄片上分层放置。现代芯片很小，在一个只有几平方毫米的区域里可以封装数十亿个电子元件。半导体可分为三大类：

1. **逻辑器件（Logic）**。在二进制代码（0 和 1）上运行的集成电路，作为计算的基本构建块或“大脑”。

2. **存储器（Memory）**。用于存储执行计算所需的信息。

3. **离散、模拟及其他（DAO）**。用于传输、接收和转换处理温度和电压等连续参数的信息。

不同国家和地区对半导体的需求占全球半导体需求的份额不同，从地理位置的角度出发，有三种方法可以用来衡量半导体需求的来源：

（1）电子设备制造商总部所在地。这些公司是芯片公司的客户，购买他们设备所需要的半导体。例如，在这种衡量方法下，一家总部位于美国的公司开发的智能手机中用到的半导体将按美国需求计算，即使该产品实际上是在另一个国家生产的。

（2）设备制造和组装的地点。这些设备通常由位于不同国家的制造厂组装，由原始设备制造商（ODM）或提供电子制造服务（EMS）的其他公司组装。例如，在这种衡量方法下，一家美国公司设计的智能手机芯片，实际上是一家中国台湾承包商在内地工厂制造的，将被计算为中国的需求。

（3）购买电子设备的最终用户的位置。半导体是元器件，其最终是由向最终用户（包括消费者和企业）销售电子设备驱动的。例如由一家美国公司设计，但在中国组装的智能手机，所含芯片的价值将分布在全球所有将这些智能手机销售给消费者的国家。美国仍占全球半导体总需求的 33%，是所有地区参与率最高的地区。

（二）半导体产业链制造流程和所需材料

2019 年，美国公司在大型个人电脑和信息通信基础设施应用市场中的市场份额约为 45%，在智能手机和工业设备市场中的市场份额约为 30%。在过去十年里，中国的参与度大大提升，现在已经成为半导体需求的主要来源地，中国半导体市场倚靠本土企业在智能手机、个人电脑和电子产品领域的实力，如华为、联想、小米、Oppo 和 Vivo 等公司不仅在国内市场销售产品，现在也已经成为国际市场的主要竞争对手。

任何半导体的创造和生产所涉及的产业价值链都是全球化的且极其复杂。价值链结构由材料、设备、软件设计工具以及核心知识产权供应商组成的专门生态系统提供支持。半导体价

值链包括七个差异化活动：

1. 竞争前研究。

竞争前研究的目的是确定基础材料和化学工艺，以在设计架构和制造技术方面的创新，实现计算能力和效率的下一轮商业飞跃，可以刺激和吸引产业研发。

2. 芯片设计。

随着芯片设计越来越复杂，其开发成本也迅速上升，为一款智能手机设计的最新“片上系统”（System-on-a-chip）的总开发成本（包括处理音频、视频或提供高速无线连接所需的专用模块），可能远远超过 10 亿美元。

3. 晶圆制造。

根据具体产品的不同，半导体晶圆的制造过程需要 400 到 1400 道工序。制造完成的半导体晶圆的平均时间约为 12 周，但对于先进工艺而言，可能需要 14-20 周才能完成。它利用原晶圆、商品化学品、特殊化学品以及不同类型的加工和测试工具，跨越多个阶段。

4. 装配、包装和测试（后端制造）。

这一阶段将晶圆厂生产的硅片转换成成品芯片，以便组装成电子设备。然后芯片被包装到保护框架中，并封装在树脂壳中，在运到电子设备制造商之前要再次进行严格测试。

5. 电子设计自动化。

在设计阶段，电子设计自动化（EDA）公司提供复杂的软件和服务来支持半导体设计，包括特殊应用集成电路（ASIC）的外包设计。

6. 晶圆加工和测试设备。

半导体制造业在制造过程中的每一步都使用 50 多种不同类

型的精密晶圆加工和测试设备，这些设备由专业供应商提供。

7. 材料。

在 2019 年全球半导体制造材料销售的细分情况中，从事半导体制造的公司也依赖于材料的专业供应商。

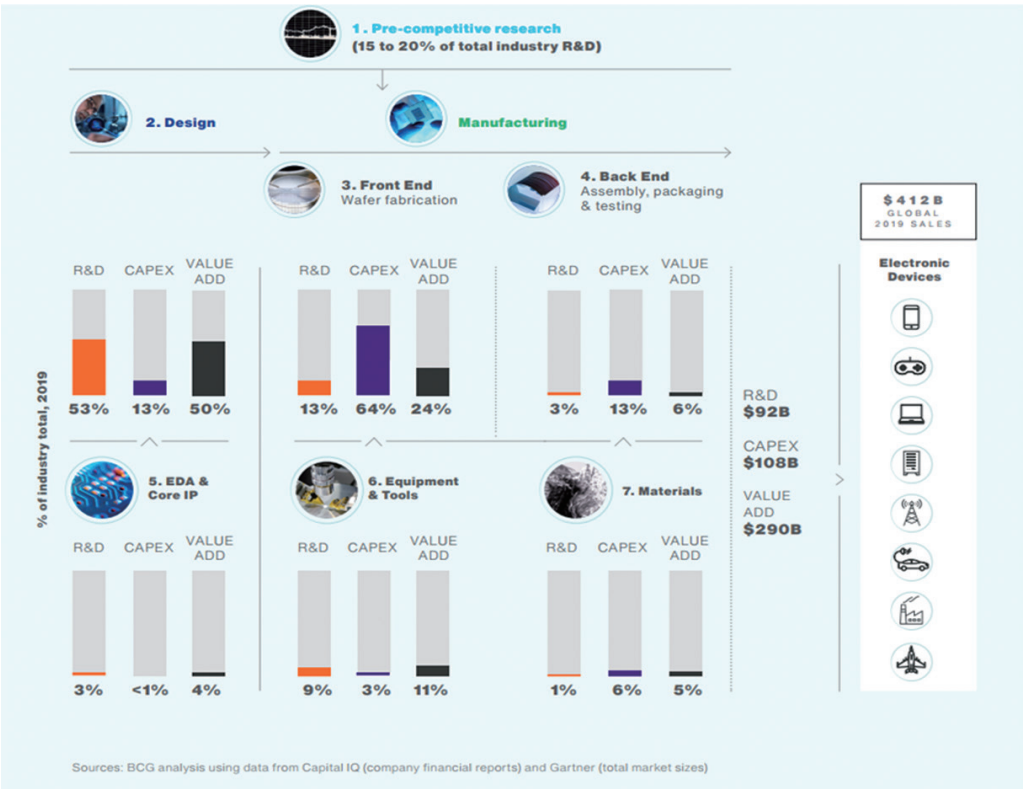


图1 半导体价值链

主要前端材料包括：

1. 多晶硅：是一种冶金级硅，纯度超精，适合用于半导体晶圆生产。
2. 硅片：多晶硅被熔化，形成单晶硅，然后被切成薄片，清洁，抛光，氧化，为制造设施内的电路压印做准备。
3. 光刻掩模：平版印刷过程中用的一种覆盖有图案的印版。这些图案由不透明和透明的区域组成，可阻止或允许光线通过。
4. 光刻胶：一种特殊材料，在光照下发生化学反应。硅片

上覆盖有光刻胶层，光刻胶层在光刻过程中压印有光掩模中包含的图案。

后端材料包括：引线框架、有机基板、陶瓷封装、封装树脂、键合线和芯片连接材料。

（三）半导体独特的高研发、高资本密集度

半导体的设计和制造非常复杂，半导体行业呈现出高研发和高资本密集的双重态势。总体而言，该行业在 2019 年全球价值链活动中的研发投入约为 900 亿美元，资本支出约为 1100 亿美元，没有任何一个行业在研发和资本支出方面具有类似的高强度。同时，这种极高的投资强度需要全球化和专业化来支撑。

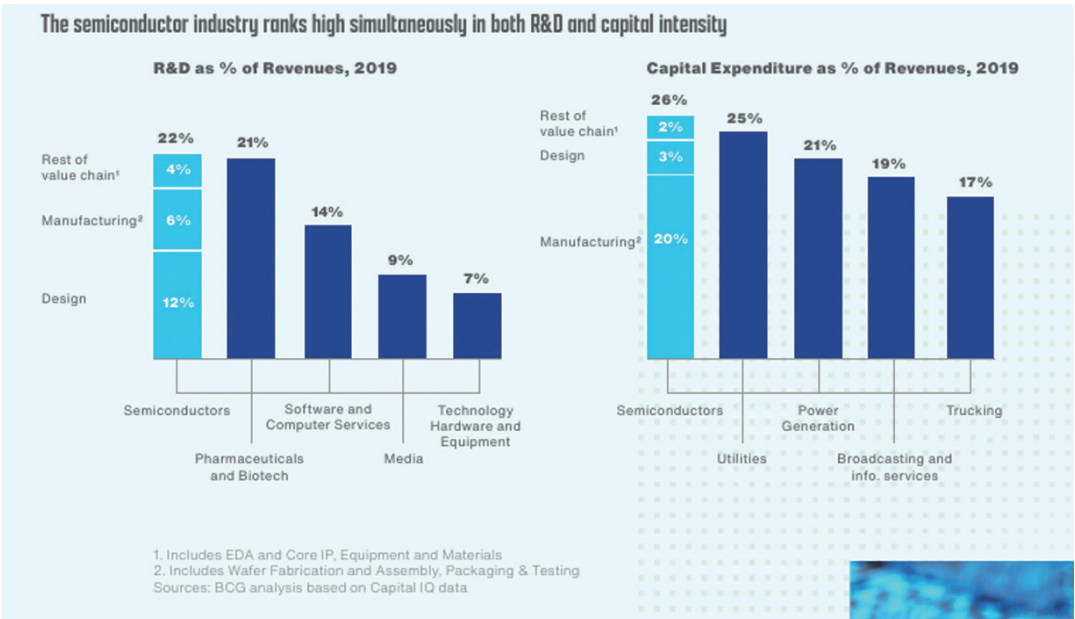


图 2 半导体行业在研发和资本密集度方面同时位居前列

（四）半导体的商业模式

自 20 世纪 60 年代半导体工业诞生以来，半导体技术复杂性和对规模的需求急剧增加，导致设计和制造需要大量投资。根据集成度和商业模式的不同，半导体公司可以分为四类：集

成器件制造商（IDM）、无晶圆厂设计公司、铸造厂、外包组装和测试公司（OSAT）。

三、基于地域专业化的全球一体化结构

（一）对前沿技术及大规模生产的需求创造了高度专业化的半导体全球供应链

美国、韩国、日本、中国和欧洲在 2019 年的半导体行业总增加值中的贡献率均达到或超过了 8%。不同地区在某些类型的终端电子设备或应用中具有相应优势：

1. 美国是电子设备设计的全球领导者。美国消费电子、信息技术、汽车和工业公司的半导体占全球半导体使用量的 35%，在 PC 和数据中心的先进芯片方面尤其突出。

2. 大中华区是全球最大的电子设备制造中心。本地原始设备制造商（OEM）和合同制造商共同负责组装其他公司在别处设计的设备，这些制造商占全球消费电子产品和智能手机生产的 60% 以上。

3. 欧洲是全球汽车和工业自动化设备的领导者，同时，日本在这两个行业以及消费类电子产品方面表现强劲，韩国在智能手机和其他消费电子产品领域也拥有不可小觑的力量。

半导体供应链的全球依存结构有如下三个关键驱动因素：

（1）全球研发网络。国际合作使跨国公司、大学和机构能够进行合作和资源汇集，通过合作研究、寻求突破，致力于半导体技术的重大飞跃。

（2）地域专业化。各地区主要关注半导体供应链中的不同环节。

（3）贸易自由化。全球贸易政策使半导体行业的参与者能够跨境转移货物、设备、资本、知识产权和人才，有效地支持

半导体供应链的地域专业化。

（二）美国在研发密集型活动中处于领先地位，亚洲在资本密集型活动中处于领先地位

美国的新工厂总拥有成本（TCO）比亚洲高出约 25%-50%，东亚地区目前集中在全球半导体制造业总产能的 75% 左右，其份额预计在未来十年内将继续上升。

（三）半导体是全球第四大贸易产品

半导体贸易流的规模和结构清晰地说明了供应链的全球性和国家间的相互依赖性。2019 年全球半导体贸易额达到 1.7 万亿美元，是当年全球半导体销售额的四倍多，表明半导体开发和制造涉及的跨境交易规模巨大。事实上，半导体是全球第四大贸易产品，仅次于原油、汽车及其零部件。

四、新形势下的新风险

虽然地域专业化为该行业提供了良好的产业结构，但高度的地域集中也带来了以下风险：

1. 制造能力的高度地域集中会影响半导体供应链弹性。
2. 地缘政治的紧张局势可能导致大规模创新资金的全球规模丧失。
3. 完全“自给自足”的本地化供应链将创造大量的增量成本，并导致半导体价格上涨 35%-65%。
4. 人才短缺可能不会立即对行业运营造成大规模中断的威胁，但它可能会严重削弱其在未来几年的创新能力。全球理工毕业生人才总量的历史增长似乎不足以满足行业对该领域人才的需求。

五、为下一个“创新十年”加强全球供应链

未来十年，半导体行业将需要在全价值链的研发和资本

支出上投资约3万亿美元,以满足日益增长的半导体需求。同时,如果要在未来几年保持过去几十年的性能和成本改善,半导体工业必须在材料、结构和制造技术方面进行创新。

一个强大的全球供应链,应继续将世界级的公司聚集在一起,在材料、设计和制造领域加强跨国合作;与此同时,必须解决因高度地域集中、地缘政治摩擦而造成的风险,使半导体全球链更有弹性。风险的解决有如下要点:

1. 解决这些挑战不应通过政府政策来追求全面的自给自足,因为政策本身具有高额的成本,且其执行可行性也值得怀疑。

2. 进行适当的政策干预、调整可以实现全球供应链结构中规模化和专业化优势,加强其弹性,并解决与半导体战略性质有关的国家安全问题。

3. 除了促进贸易、基础研究和扩大人才渠道的政策外,各国政府还需要制定有针对性的激励措施以支持投资,使全球制造业的足迹和关键材料的供应来源多样化。

报告表明,这些政策方向应辅之以三个方面的目标明确、市场驱动和政府激励计划:

1. 竞争前研究。通过促进不同组织和国家科学家之间合作的全球研究所来实现。

2. 在未来十年,建立行业所需的额外制造能力,创造更多元化的半导体行业,减少因自然灾害、基础设施故障、网络攻击或地缘政治摩擦而造成的破坏。

3. 开发替代品——在受到出口管制威胁或对全球贸易可能造成干扰的关键地区,开发国内或第三国的替代品。

(编译:卢佳丽 孟凡蓉,责任编辑:王达)

资料来源：

<https://www.semiconductors.org/study-identifies-benefits-and-vulnerabilities-of-global-semiconductor-supply-chain-recommends-government-actions-to-strengthen-it/>

<https://www.semiconductors.org/strengthening-the-global-semiconductor-supply-chain-in-an-uncertain-era/>

机构简介：

美国半导体工业协会（Semiconductor Industry Association, SIA）是半导体工业的“代言人”，是美国出口行业的佼佼者，也是美国经济实力、国家安全和全球竞争力的关键驱动力。半导体行业在美国直接雇佣了近 25 万工人，2020 年销售额总计为 208 亿美元。SIA 的收入占美国半导体行业的 98%，占非美国芯片公司收入的近三分之二。SIA 致力于与国会、政府和全球主要行业利益相关者合作，加强其对半导体制造、设计和研究的领导地位，寻求推动创新、促进商业发展，驱动国际竞争的政策。

波士顿咨询集团（Boston Consulting Group, BCG）成立于 2005 年，是处于全球领先地位的管理咨询公司，在 50 多个国家设有办事处。



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 63 期（总第 491 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 12 月 29 日

欧盟委员会将从“数字欧洲计划”中投资近 20 亿欧元以推进数字化转型

〔编者按〕 欧盟委员会于 2021 年 11 月 10 日发布《从“数字欧洲计划”中投资近 20 亿欧元以推进数字化转型》（*Commission to invest nearly €2 billion from the Digital Europe Programme to advance on the digital transition*）报告。该报告概述了将获得近 20 亿欧元资金的目标和具体专题领域。本文对其主要内容进行摘译，以及欧盟推进数字化转型对我国的启示。

一、背景

数字欧洲计划是欧盟首个专注于将数字技术带给企业和公民的资助计划。该计划 7 年内的总预算为 75 亿欧元（按现行价格计算），它将加速经济复苏并塑造欧洲社会和经济的数字化转型，特别是为中小企业带来好处。数字欧洲计划将通过多年期工作计划实施。

数字欧洲计划将补充其他欧盟计划下的投资，如欧洲地平

线、EU4 卫生计划、投资欧洲计划（InvestEU）、连接欧洲基金计划（CEF）以及促进经济复苏及其韧性提高的基金（RRF）下的投资。建立数字欧洲计划的法规于 2021 年 5 月 11 日在《欧盟官方公报》上发布，并于同日生效，自 2021 年 1 月 1 日起追溯适用。

二、主要内容

欧盟委员会通过了数字欧洲计划的三个工作计划，概述了将获得总计 19.8 亿欧元资金的目标和具体专题领域。第一套工作计划包括战略投资，这些投资将有助于实现欧盟委员在欧洲数字化十年的目标。数字欧洲计划旨在加强欧洲的技术主权，并将数字化解决方案推向市场，造福公民、公共行政部门和企业。

13.8 亿欧元的主要工作计划，在 2023 年底将集中在人工智能（AI）、云数据空间、量子通信基础设施、高级数字技术以及数字技术在整个经济和社会中的广泛应用等领域的投资。除了这一主要工作计划外，委员会还公布了两个具体工作计划：第一个计划侧重于网络安全领域的供资，2022 年底前的预算为 2.69 亿欧元；第二个计划的重点是欧洲数字创新中心网络的建立和运营，2023 年底前的预算为 3.29 亿欧元。

报告指出，欧盟委员会将通过数字欧洲计划，建设安全和可持续的数字基础设施，使企业能够更好地访问数据或使用由人工智能提供的解决方案。该计划的投资也将确保欧洲公民能够获得积极参与劳动力市场的正确技能。我们的目标是：让欧洲所有的公民、企业和行政部门，都能受益于面向市场的技术解决方案。

报告指出，到 2030 年，数据、云、边缘和量子计算将推动

工业和社会创新，创造新的商业模式。今天宣布的 20 亿欧元投资将使欧洲各种规模的公司，尤其是初创公司，能够在快速增长的市场中抓住机遇。它还将使欧洲公民具备在安全的数字环境中茁壮成长所需的技能。

数字欧洲计划的主要工作计划将包括：

1. 部署公共数据空间

公共数据空间将用于制造、移动和金融业，也将促进中小型企业、初创企业以及公共部门的跨境数据共享。此外，还将部署联合云到边缘的基础设施和服务，为数据流安全的数字解决方案提供支柱。

2. 为基于人工智能的解决方案建立测试和实验设施

促进中小企业和初创企业可信人工智能的使用，以应对气候变化和可持续医疗的社会挑战，包括为健康以及智慧城市和社区部署人工智能测试设施。

3. 部署量子通信基础设施

为欧盟部署安全的量子通信基础设施（EuroQCI），以提供抵御网络攻击的高恢复能力。

4. 为欧洲公民提高数字技能

设立和提供重要的先进数字技术硕士课程，以提高欧洲的数字技能，包括《欧洲技能议程 2020》和《中小企业战略》宣布的中小企业数字速成课程等。

5. 全面提升数字服务

在欧洲全面设立、运营、发展和持续维护数字服务，以支持公共管理解决方案的跨境互操作性（如欧洲数字身份）。

另外，网络安全工作计划还将投资建设先进的网络安全设备、工具和数据基础设施。它将资助网络安全相关知识和技能

的开发和最佳利用，促进最佳实践的共享，并确保在整个欧洲经济中广泛部署最先进的网络安全解决方案。

为了实现其目标，数字欧洲计划将部署一个欧洲数字创新中心网络，提供技术测试渠道，并支持全欧洲私营和公共组织的数字转型，包括国家、区域或地方各级政府。欧洲数字创新中心将成为欧盟政策中支持企业和公共部门实现绿色和数字双重转型的一个重要工具，特别是产业政策以及中小企业和初创企业政策。

三、启示

（一）部署并开放公共数据空间。随着数字经济对社会发展的渗透，企业和个人对大数据的需求日益迫切。政府应在确保个人隐私和国家安全前提下，将所掌握的数据对社会全部或有选择地公开。完善相关立法和研发相应安全技术，为数据流安全提供法律和技术保障。

（二）服务中小企业数据赋能。中小企业是国家经济的重要组成部分，具有船小好调头的活力和创新性。政府出台相应财税激励政策，鼓励中小企业数字化转型升级。积极引导同产业链的中小企业联合进行大数据投资，共享大数据资源，降低中小企业数字化转型成本。

（三）提升公民数据技能。加强对在职人员的数据技能培养，通过与企业联合培养等方式，增加对数据标注师、数据分析师、算法工程师等符合市场需求的专业人才的培养。针对老龄化社会老人对获取数据服务能力不足等特点，在社区、养老院对老人开展免费或有奖数据技能培训。培养老人通过手机等电子设备获取数据的能力，通过财政税收政策鼓励企业针对老人群体开发简单且符合老人使用习惯的电子产品。

(编译：吴丽范·哈密提 阳镇，责任编辑：王达 黄诗愉)

资料来源：

[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/
ip_21_5863](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_5863)



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员：张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话：68788193

创新研究报告

第 64 期（总第 492 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 12 月 29 日

企业女工程技术人员发展现状、问题及对策

〔按〕 女性工程技术人员是促进我国科技与经济社会发展的重要力量。为反映企业女工程技术人员发展现状、破除她们在职业发展过程中面临的困难和阻碍，本研究采用定量与定性研究相结合的方式开展调研。研究发现，女性在工程技术领域所占的比例持续提升，且发挥着越来越重要的作用。然而女性工程技术人员队伍仍需进一步发展，她们在职业发展上评价较低、专业能力发挥不足、仍面临不公平的对待。国家和组织层面对女性工程技术人员政策关注不足，男性对女性存在能力、性格和成就偏见，养育和家务劳动的社会分工，女性退休年龄的设定，社会激励不足等均是制约女工程技术人员发展的重要原因。针对以上问题和原因分析，结合女工程技术人员的心声，本研究提出了七点改善建议。

工程技术人才队伍建设对于我国科技创新和现代制造业发展具有重要意义，在增强企业创新能力、提升产业技术水

平上发挥着重要作用。习近平总书记在 2020 年科学家座谈会上的重要讲话中指出，要整合优化科技资源配置，汇聚起世界级规模的科研人员和工程师队伍力量，发挥企业技术创新主体作用，改革激发科技创新活力，以进一步加快科技创新的步伐。目前我国工程技术人员还存在总量不足，占制造业所有从业人员的比例偏低，以及能力难以适应技术进步和产品开发需要等问题。

随着社会发展和人类文明的进步，女性越来越多地参与到科学技术活动中，女性工程技术人员扮演着越来越重要的角色。然而，以往研究表明，女性成为工程师遭遇着教育屏障，工程共同体中的女工程师处于相对边缘化的状态，工程技术领域中存在着性别偏见与性别歧视现象。女性工程师从事传统的“男性职业”，职业性别隔离将会影响弱势的女性群体的进一步发展。以上这两项研究均调研的是十多年前的女工程师发展状况，且是基于现象或案例的方法来进行的研究。那么，随着企业女性工程技术人员数量的逐渐增长，社会制度的不断健全，企业女工程技术人员发展现状如何，这还需要进行全面的调研了解，包括女工程技术人员分布的行业领域及占比情况，她们发挥的作用如何？在职业发展过程中还存在哪些尚待突破的困境和亟需解决的问题？在职业发展瓶颈问题的背后有哪些制约的因素？以上均是本研究旨在回答解决的问题。最后，希望能为企业女工程技术人员发声，提出改善建议，这将对进一步释放女性工程技术人员创新活力，营造更公平的职业发展环境，提升企业创新效率，都具有重要的现实意义。

本研究采用文献研究、定量研究和定性研究相结合的方式进行调研。其中，定量的问卷调查是 2021 年 2 月～3 月通过

在线调查的形式，回收有效问卷 788 份（其中女性占 51.3%；男性占 48.7%），涵盖国有企业、民营企业、股份制企业、转制院所等多种企业类型的工程技术人员。定性的座谈访谈是 2021 年 4-6 月开展的，访谈了企业女工程技术人员、企业管理人员，以及从事科技政策、社会政策、社会性别研究的专家，共计 32 人。本研究主要以女性工程技术人员为重点研究对象，同时为反映性别差异化特点，在问卷调查中邀请了男性工程技术人员作为调查对象；在座谈访谈时也邀请了企业中的男性管理人员参加了调研。

一、企业女工程技术人员发展现状及进展

（一）工程技术人员队伍中的女性比例稳步持续提升，同时女性占比存在较大行业差异性

据 2010 年全国人口普查数据显示，女性工程技术人员占比 23.95%。2017 年中国科协开展的第四次全国科技工作者调查（样本量 45354 位科技工作者）中，工程技术人员中的女性占比为 29.0%。到 2020 年中国科协创新战略院开展的全国科技工作者状况调查（样本量 20738 位科技工作者）中，工程技术领域中的女性比例为 33.9%，相比 2010 年、2017 年的比例持续提升。

工程技术领域中女性占比存在较大的行业差异性。从具体所从事研究涉及的学科门类看，纺织科学技术、食品科学技术等学科中的女性比例与男性基本持平，占了半边天；化学工程、环境及资源科学技术、测绘科学技术等学科中的女性比例超过了工程技术领域整体的平均水平；而机械工程、交通运输工程、航空航天科学技术、电子与通信技术、能源科学技术等学科中的女性比例均不足 1/3，具体见表 1 所示。

表1 工程技术科学领域具体学科门类的性别分布

	总数(人)	女(%)	男(%)
纺织科学技术	48	52.1	47.9
食品科学技术	230	51.3	48.7
管理学	415	48.7	51.3
化学工程	673	41.0	59.0
环境科学技术及资源科学技术	476	38.0	62.0
测绘科学技术	203	36.5	63.5
水利工程	157	35.1	64.9
土木建筑工程	488	34.6	65.4
材料科学	1084	33.2	66.8
工程与技术科学基础学科	2132	31.7	68.3
产品应用相关工程与技术	390	31.5	68.5
信息与系统科学相关工程与技术	915	31.4	68.6
计算机科学技术	980	30.2	69.8
安全科学技术	192	30.2	69.8
冶金工程技术	286	30.1	69.9
自然科学相关工程与技术	317	29.4	70.6
能源科学技术	401	28.4	71.6
电子与通信技术	609	28.1	71.9
动力与电气工程	539	27.9	72.1
航空、航天科学技术	271	27.7	72.3
核科学技术	76	27.6	72.4
矿山工程技术	188	27.1	72.9
交通运输工程	340	25.6	74.4
机械工程	1196	23.8	76.2

(二)女性在工程技术行业领域发挥着越来越重要的作用，所具备的性别优势也越来越凸显

据调研了解到，在很多工程技术行业领域，女性凭借其扎实过硬的专业基础、吃苦耐劳的重要品质，发挥着越来越重要的作用，也有很多女性走上领导岗位，带领工程技术人员做出更大贡献。

问卷调查显示,女性从事工程技术工作具备能力态度优势。女性工程技术人员认为自身从事工程技术工作所具备的优势主要体现在工作认真踏实(87.6%)、考虑问题周到(80.5%)、做事更有恒心毅力(68.6%)上。类似地,男性工程技术人员也基本认可女性工程技术人员从事工程技术工作所展现出的优势。

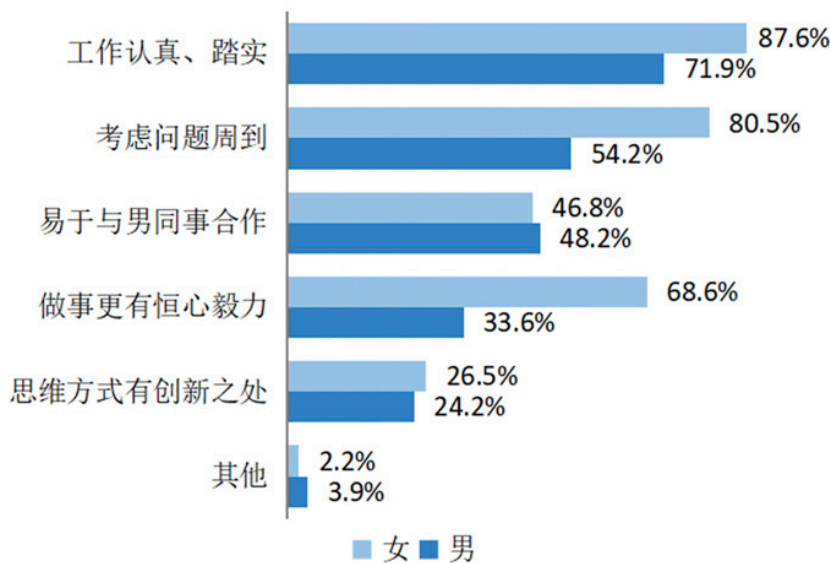


图1 工程技术人员认为女性从事工程技术工作的优势

从调研座谈也可以总结出,女性工程技术人员从事工程技术工作具备以下突出优势:一是女性具有扎实的专业基础,处理工程问题细心、认真、严谨,善于发现风险因素,容易在工程技术细节上取得重大突破;二是女性在较长的科研周期、艰苦的科研条件下更有耐力,做事更有耐心和韧劲;三是女性善于沟通协调、计划周到、总结到位,有利于复杂大系统的多方协调;四是女性拥有与男性不同的思维方式,善于调节团队氛围,有助于增强科研团队的整体活力、提高团队创新力;五是女性工作稳定性好,能够满足工程技术工作对持续技术积累的要求。还有专家反映女性做工作特别的长处是认真负责,能够把国家的事、单位的事当成家里的事来认真干。以上这些女性工程技

术人员所展现出来的突出优势，使得她们在工程技术领域中发挥着越来越重要的作用。

二、企业女工程技术人员队伍的发展问题

（一）女工程技术人员比例偏低，队伍建设亟待进一步发展

一是工程技术领域男女比例失调问题较为明显。与其他专业领域相比，女性工程技术人员占比偏低。2020 年全国科技工作者状况调查结果显示，工程技术领域中的女性比例为 33.9%，与医药科学（63.7%）、自然科学（48.4%）、农业科学（47.6%）、人文与社会科学（64.1%）等专业领域相比，工程技术领域中女性比例最低。二是女性工程技术人员进入高层次的比例偏低。截至目前，中国工程院共 892 位院士，其中女院士 46 人，仅占 5.16%。医药卫生学部（13.22%）、环境与轻纺工程学部（11.67%）中的女院士比例相对较高，其他学部中女院士比例均不足 10%，有的甚至低于 1%（见表 2）。

表 2 中国工程院院士的性别比例

	总数（人）	女性人数	女性比例
机械与运载学部	128	3	2.34%
信息与电子工程学部	130	4	3.08%
冶金与材料工程学部	112	6	5.36%
能源与矿业工程学部	123	1	0.81%
土木、水利与建筑工程学部	101	2	1.98%
环境与轻纺工程学部	60	7	11.67%
农业学部	80	3	3.75%
医药卫生学部	121	16	13.22%
工程管理学部（其中跨学部院士 30 人）	67	5（含 1 人跨学部）	7.46%
总计	892	46	5.16%

（二）女性工程技术人员职业评价、满意度低，且反映职

业压力较大

一是女性工程技术人员对职业发展的满意度较低。65.1%的女性工程技术人员对目前所从事工作感到满意，还有34.9%表示一般和不满意；相比而言，男性对目前工作满意度较高，73.2%的男性对所从事工作感到满意。二是女性工程技术人员对自身职业成长状况评价低于男性。53.0%的女性工程技术人员对自身职业成长状况持积极评价，这一比例相对男性工程技术人员（60.4%）较低，将近一半的女性认为自己职业成长状况一般或不好。三是女性工程技术人员反映自身的职业压力比男性想象的更大。60.7%的男性认为女性工程技术人员职业压力与男性相同，有9.9%认为女性职业压力更大，还有29.4%认为比男性职业压力小。然而，大部分的女性都觉得女性工程技术人员职业压力要高于男性（58.4%），认为相同或低于男性的比例分别为33.7%和7.9%，远低于男性的判断。可能说明女性承受着比男性所认为的更大的职业压力。

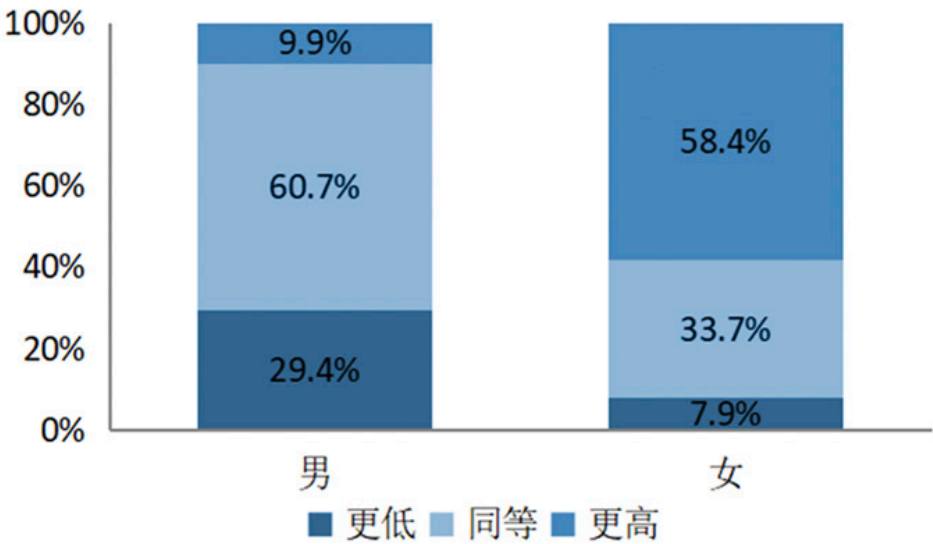


图2 男性和女性工程师认为女性工程技术人员职业压力

（三）女性工程技术人员反映专业能力发挥不足，职业成

就感低

一是女性工程技术人员反映在当前岗位上专业能力发挥相对不足。女性工程技术人员认为在当前岗位上充分发挥了专业能力的比例为 15.1%，相比男性（27.1%）较低，而认为能力发挥一般、较少发挥以及没有发挥的比例（34.6%）高于男性工程技术人员（22.6%）。在影响女性工程技术人员专业能力发挥的影响因素方面，个人能力和自主性（39.1%）、薪酬激励（38.1%）、专业特长与岗位匹配度（37.9%）、领导支持（36.1%）、选拔晋升（33.4%）、进修培训（29.5%）是影响女性工程技术人员在岗位发挥专业特长的主要原因。二是女性工程技术人员职业成就感相对较低。大部分的男性认为女性工程技术人员在职业成就方面与男性相同，还有 6.8% 和 27.1% 的男性认为女性工程技术人员职业成就更高和更低。然而，女性对女性工程技术人员群体的评价相对男性较低，认为女性职业成就高于或等同于男性的比例分别为 7.7% 和 43.8%，低于男性对女性的评价，而她们认为女性工程技术人员职业成就低于男性的比例较高（48.5%）。三是女性工程技术人员到发展中后期转向科研、管理或事务性岗位较多。调研了解到，目前企业中的科研技术、检验计量等部门主要是女性，且在实际工作中女性承担了大量的事务性工作。在工程技术领域，不到“万不得已”领导不会让女性去工程现场；且在继续向上发展时，出于工作本身或家庭方面的考虑，也容易将女性技术人员转向科研或管理工作。

（四）女性工程技术人员在职业晋升、应聘等方面仍面临不公平对待

一是女性工程技术人员反映在职场发展过程中存在男女不公平现象。65.6% 的女性认为工作领域中存在男女不公平，

其中 46.0% 的女性认为在职业晋升中存在不公平，其次是在入职招聘（29.7%）、成就认可（25.3%）、领导信任（21.3%）、推优奖励（17.8%）、工资待遇（16.3%）中也有一些女性反映存在男女不公平现象。据访谈了解到，特别是在用人晋升方面还存在不平等问题，在提拔女性时会有更多的考量，女性的上升通道有限，没有平等的升职空间，有些升职机会也会用“劝退”的方式被剥夺。二是超过半数女工程技术人员反映在应聘工作时遭遇性别歧视。56.7% 的女工程技术人员反映在应聘工作时遇到歧视女性的情况，其中 48.5% 反映在水平相当时，聘任单位多会选招男性；18.3% 反映在应聘时对女性提出的附加条件较多；12.1% 反映存在高职位招男性、低职位招女性的情况；还有 9.2% 反映存在明文规定只招男性应聘者。

三、制约女工程技术人员发展的原因分析

（一）国家和组织层面对女工程技术人员关注不够，缺少政策支持

一是在国家层面，人才工程、计划、项目对工程技术人员关注仍不充分。《国家中长期人才发展规划纲要（2010-2020）》体现了国家对人才的通盘统筹考虑，在十二项人才工程布局中，面向企业经营管理人才、高素质教育人才、健康卫生人才、农业人才等领域均设计了选拔培养的目标和举措，然而对工程领域人才的整体重视程度不足，特别是在应对国际国内双循环、建设世界科技强国和制造强国等目标的要求下，工程技术人员应发挥着更大的作用。女工程技术人员占工程技术人员的三成左右，发挥好这三成人才的作用，对于提升整个工程技术人才队伍的整体效能也具有重要意义。二是在政策层面，在人才项

目、奖励、宣传等方面会体现对女性科技人才的支持，如科技部、全国妇联 2011 年发布的《关于加强女性科技人才队伍建设的意见》，以及科技部等十三个部门 2021 年印发的《关于支持女性科技人才在科技创新中发挥更大作用的若干措施》的通知。尽管女性工程技术人员属于女性科技人才，但与女性科技人才相关的政策支持多指向于高校和科研院所的女性科学家和科研人员，对女工程师的关注度相对不足。三是在企业等组织层面，性别意识仍相对薄弱。在职场发展过程中往往会忽视女性工程技术人员的优势，职场中不注意提拔女同志，且对女性的心理健康等问题关注不足。

（二）养育和家务劳动的社会分工影响女性工程技术人员职业发展，公共社会服务支持力度不够

一是生育期带来的岗位空缺影响女性工程技术人员的就业和晋升。据调查，分别有 26.7% 的女性和 30.7% 的男性工程技术人员有生育计划，其中有二胎生育计划的女性和男性工程技术人员比例分别为 26.0% 和 28.9%。本研究是在三胎政策实施前，当时的调查结果显示，“随着国家二胎政策的放开，83.9% 的女性工程技术人员认为生育二胎会影响她们就业及工作晋升，也有 51.6% 的男性工程技术人员认为生育二胎会影响女性工程技术人员的就业及工作晋升”。二是女性受孕哺乳影响难以保证工程技术工作的延续性和时间节点要求。工程技术工作一般有较高的延续性，且是“一个萝卜一个坑”，很多工程项目又有时间节点的要求，如果女性工程技术人员正赶上孕哺期，将会难以保证工程的时间进度节点。三是女性工程技术人员承担着更多家务劳动。男女平等基本国策实施若干年，女性工程技术人员在工作之余仍承担了较多的家务劳动，和伴侣一

起分担家务的比例不足一半（43.8%），三分之一的女性工程技术人员认为她们承担了主要家务劳动，而主要家务劳动由男性伴侣承担的不足5%。四是国家发展养老托育建设与国有企业三产职能剥离存在矛盾，不能提供充分的服务保障。2021年6月国家发改委、民政部、国家卫生健康委发布了《“十四五”积极应对人口老龄化工程和托育建设实施方案》，方案提出“扩大普惠性托育服务供给，支持企事业单位等社会力量举办托育服务机构，支持公办机构发展普惠托育服务”。然而这些措施与企业脱离办社会治理，要求国有企业三产职能剥离仍存在一定矛盾，不同部委间的政策协调以及政策的进一步落实是未来工作的重点。同时还需就企业建立托育机构给予财政支持、税收减免等出台进一步实施细则。

（三）对企业女工程技术人员的社会激励不足，缺少女性榜样

工程技术人员相对来说自评社会地位偏低，社会对工程技术人员也存在矮化的倾向。通过设置奖项和扩大宣传，对于激励更多人才从事工程技术领域工作，提升工程技术人员社会形象和地位是具有重要作用的。目前，我们国家为了激励更多女性从事科学等基础研究工作设立了中国青年女科学家奖，并且在国家层面也鼓励社会力量设立面向女科学家的科技奖项，然而目前还没有一项针对女工程师设立的奖项。此外，国家层面也呼吁女科学家进校园活动，为广大后备女性人才树立榜样，却基本上没有开展过女工程师进校园活动，培养女学生学习工程技术相关专业的兴趣，提升工程技术领域女性人才蓄水池是当下较为迫切的任务。

（四）女性退休年龄设定问题突出，延迟退休势在必行

目前我们国家企业中的女性仍采取 55 岁退休的制度，比企业中的男性早 5 年退休。大部分女工程技术人员都认为这是对人才极大的浪费，对企业也造成了较大的损失，同时也反映出在企业中的性别不平等问题。访谈中，许多女工程技术人员反映，55 岁女性的体能和资历都处于黄金期，拥有着丰富的经验，子女已长大成人不需要照顾，也相对更有精力去做事，如果采取一刀切的方式硬性规定女性退休，这对国家来讲是一种损失。还有一些女性，因为有对 55 岁退休的预期，在 50 岁时可能就被剥夺了晋升的机会，加剧了职业发展过程中的不平等。

（五）男性对女性工程技术人员能力、性格、成就存在性别偏见

一是男性对女性工程技术人员能力和性格存在偏见。分别有 47.3% 的女性和 36.5% 的男性工程技术人员认为传统观念产生的偏见制约了女性从事工程技术工作。男性认为女性工程技术人员性格方面（男性 27.3%，女性 15.4%）和能力方面（男性 13.3%，女性 5.5%）不利于女性职业发展比例相比女性自评的比例较高。二是女性取得与男性同样成就需要付出更多精力和努力，而男性通常低估女性工程技术人员的努力程度。38.4% 的女性认为女性工程技术人员比男性更努力，而男性认为女性更努力的比例仅有 5.0%，20.3% 的男性认为女性努力程度低于男性，而女性认为自身不如男性努力的比例仅 6.9%，反映出男性工程技术人员可能会低估女性的努力程度。三是对女性友好善意性的照顾是一把双刃剑，照顾的同时也剥夺了机会，阻碍女性的事业发展。在女性职业发展过程中，不仅充斥着认为女性能力不行、性格不行以及不够努力的性别偏见，还会存在着一些善意性的照顾，犹如“蜜糖裹砒霜”，例如以为女性留出

相夫教子的时间为理由，“剥夺”女性出差、应酬、安排到重要岗位、甚至晋升等职业机会，阻碍了女性的职业发展。

（六）体能限制、工作交际融入感差、视野有待开阔等也是制约女工程技术人员发展的重要原因

一是部分行业工作环境恶劣，女性受体力体能限制较大。机械、农机、化工等行业工作条件相对艰苦，需要比较强的体力和生理条件，还有一些应急情况需要处理，女性确实会存在先天劣势。二是工作交际融入感差也是制约女工程技术人员发展的又一原因。工程技术领域男性较多，他们彼此间容易打成一片，女性融入相对困难；另外，女性劣势还体现在“八小时之外的应酬”上，与男性的差距较大。三是女性还需进一步开阔视野、提升战略性思维。女性多以单位和家庭为中心，与社会还缺少广泛的接触交流与合作，同时女性的战略性思维还有待进一步提升。女性还需更广泛地融入到事业圈，让更多人去了解。

四、企业女工程技术人员的呼声和改进建议

一是加强政策关注，培养造就高层次女性工程技术人才。在国家重点工程技术项目中，创造条件吸纳更多女性工程技术人才参与。在科技政策制定、科技伦理治理和科技计划项目指南编制等科技活动中，提高高层次女性工程技术人才的参与度。鼓励符合条件的女性工程技术人才进入科技评审专家库。

二是设立中国优秀女工程师奖，扩大优秀女性榜样宣传教育力度。分别有 66.3% 的女性和 52.9% 的男性工程技术人员认为应设立专门奖项激励女性工程技术人员。此外，分别有 44.1% 的女性和 48.7% 的男性工程技术人员认为应加大优秀女性榜样宣传教育的力度。建议中国女科技工作者协会牵头设立

专门奖项，在全社会树立优秀女工程师典范，激励广大女工程技术人员努力奋斗。开展优秀女工程师进校园活动，培养女学生热爱工程技术的学术志向。

三是改革退休制度，减少对女性工程技术人才的浪费。呼吁男女高级职称工程技术人员采取同龄的退休政策，推动女工程技术人员更好发挥作用，减少对女工程技术人员的浪费。用人单位和工程技术人员具有双向选择权，允许女性提前退休，最大程度发挥女性工作的积极性。

四是采取措施解决企业招聘环节的性别歧视，给予女性同等优先晋升机会。对企业聘用女工程技术人员采用积分奖励的措施，并相应享受税收减免或给予补贴的政策，提高企业聘用女性的积极性。规定国有企业管理层和高级职称中女性占一定比例，提升女性晋升机会，并鼓励企业实行同等条件下女性优先晋升的政策。

五是为企业女工程技术人员创造更多培训交流进修学习的机会。73.8%的女性工程技术人员认为应该给女性创造更多培训交流和进修学习的机会。同时男性工程技术人员（44.5%）对这一项举措的支持度也相对较高。建议针对不同层次、不同年龄段的女性工程技术人员提供不同的职业培训，帮助其开阔视野，拓展知识和工作技能，提升战略性思维，并通过学习培训等平台和交流活动扩大女性职业发展的朋友圈。

六是建设公立托幼机构，加强社会服务，缓解家庭育儿及养老照料负担。分别有55.5%的女性和37.0%的男性工程技术人员认为应该加强社会服务将女性从家务劳动中解脱出来。建议扩大普惠性托育和养老服务供给，支持国有企业恢复和建立公立托幼机构和养老机构，对开展社会化服务的国有企业给予

财政预算拨款、税收减免等支持,减轻家庭育儿及养老照料负担。

七是倡导在企业中设立女性组织,维护女性权益,关爱女性身心健康。仅有 20.8% 的女性和 19.0% 的男性工程技术人员反映其所在单位有女性权益组织,大部分工程技术人员反映单位没有或不清楚是否存在女性权益组织。呼吁国有企业建立为女性服务的相关组织,倾听女性工程技术人员的发展诉求,加强心理疏导与干预,进一步提升创新创造活力。

作者:

张明妍 中国科协创新战略研究院

陈 光 中国科学院学部工作局

孙明杉 中国女科技工作者协会

吕科伟 中国科协创新战略研究院

文章来源:

张明妍, 陈光, 孙明杉, 吕科伟. 企业女工程技术人员发展现状、问题及对策 [J/OL]. 科学学研究. <https://doi.org/10.16192/j.cnki.1003-2053.20211214.003>



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员: 张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话: 68788193

创新研究报告

第 65 期（总第 493 期）

中国科协创新战略研究院

2021 年 12 月 29 日

面向 2035 创新文化建设的进一步思考

〔按〕 本文从创新文化的内涵出发，基于对创新活动的文化内涵学理分析，结合新时代的特定经济社会语境，提出面向 2035 建设创新文化的重要性和必要性。通过回顾我国创新文化建设历程以及取得的重要成就，分析了“十四五”时期和未来十五年创新驱动发展战略实施对创新文化建设的新要求。基于近年来科技工作者相关问卷调查数据，本文认为我国创新文化建设仍然存在学风浮躁、圈子文化盛行、学术不端伦理失范事件多发、创新文化引领不足等突出问题，并通过分析其成因有针对性的提出了加强创新文化建设的若干建议。

所有的创新活动都根植于特定的文化土壤。正如德国社会学家马克斯·韦伯所说，“任何一项伟大事业的背后都存在支撑该事业的无形精神文化气质”。近些年来，创新文化已成为国内外学界重点关注的议题。斯坦福大学李钟文等人编著的《硅谷优势：创新与创业精神的栖息地》一书认为“硅谷不是

计划造出来的，发展高科技，资金固然重要，但更重要的是能充分发挥人的创造力的体制和文化”，正是别具一格的创新文化、创新精神将硅谷打造为创新的“栖息地”^[2]。Deschamps-Sonsino 将创新文化归结为科技创新产生所必须倚仗的外部文化环境，并通过多维度剖析解读了创新文化的形成^[3]。德国柏林科学技术研究院认为所有的创新经济都根植于其特定的文化土壤，文化因素是国家间组织能力和制度能力差异的重要根源，而且往往导致国家间竞争力的差异^[6]。俞鼎和盛晓明分析了创新文化的语境转换，回顾了创新文化在中国的提出源于中科院与科技部在推动“知识创新工程”和“国家创新体系”时，意识到“构建创新文化环境”的重要性和紧迫性^[4]。杨刚和谢懿通过文献计量分析了国内三十余年来创新文化研究的特点与趋势，并通过研究梳理了这一领域受到重视的若干主题^[5]。

创新文化可以定义为以“创新”为内核的文化体系，具有兼容并蓄的开放性、互信合作的主体协商性、敢为天下先的开拓创造性、宽容失败的包容性等特征。本文中的创新文化可以理解为支撑国家创新生态系统健康、高效运转的科技创新软环境。创新文化的核心价值是以严谨缜密的方法追求和捍卫真理为代表的科学精神，诚实守信、相互尊重、公开与质疑等为特征的道德理念，以及崇尚创新、宽容失败的创新精神，决定了创新活动的价值导向和文化土壤。面向 2035 年，创新文化成为中国跻身世界科技强国之列的强国之基，创新文化建设的重要性和必要性都达到了前所未有的高度^[1]。近年来，特别是党的十八大以来，我国的创新文化建设已经取得了显著成就，但面对新时代、新要求仍然存在一些亟待解决的问题，创新文化建设仍需进一步发力。

一、面向 2035 建设创新文化的时代背景

1. 建设创新文化是构建新发展格局的必然要求

未来十年将是世界经济新旧动能转换、国际格局和力量对比加速演变、全球治理体系深刻重塑的十年^[7]。新一轮科技革命和产业变革突飞猛进，加上全球化进程深刻的传播、扩散、冲刷作用，使得世界正在形成新的政治、经济、社会、文化生态。百年未有之大变局加速演进给中国创新文化建设提出了新的要求。一是要塑造一个与负责任大国形象匹配的创新文化，积极参与国际科研规则制定。二是推动新时代中国特色创新文化建设要秉持开放合作的理念，打造既适应中国发展实际和本土特色，又要积极包容借鉴世界其他国家先进文化要素的创新文化基础。三是创新文化建设需要加强同国际市场规则对接，加强知识产权保护，为国家形象的提升、文化软实力影响的扩展提供助力。在新形势下，要坚持科技强国战略，创新文化在建设创新型国家、适应未来科技发展新趋势、促进经济高质量发展等方面具有突出作用。

建设创新型国家和科技强国也需要构建良好创新文化。党的十八大提出实施创新驱动发展战略，《国家创新驱动发展战略纲要》给出了中国科技事业发展的“三步走”战略目标。党的十九大报告做出了中国从全面建成小康社会到基本实现现代化，再到全面建成社会主义现代化强国的新时代中国特色社会主义发展的战略安排。世界科技强国的建设离不开长期、稳定的创新文化土壤滋养，需要先进的创新文化为科技发展提供长久的导向支持。创新文化对开拓先进的生产生活方式具有重要的引领作用，对优质的科技创新资源具有重要的集聚作用。

适应未来科学技术发展趋势同样需要构建良好创新文化。

当前，新一轮科技革命和产业变革突飞猛进，科学研究范式正在发生深刻变革，学科交叉融合不断发展，一些重大科学问题的原创性突破正在开辟新前沿新方向，信息网络、人工智能等领域呈现群体跃进态势，颠覆性技术不断涌现，催生新经济、新产业、新业态、新模式，对人类生产方式、生活方式乃至思维方式将产生前所未有的深刻影响。创新模式发生重大变化，创新活动的网络化、全球化特征更加突出。旧的创新文化可能不再适应新时代的需求。如果创新文化的建设与科学技术的发展步伐相脱节，将必然阻碍创新发展的脚步。

我国步入经济高质量发展新时代也需要构建良好创新文化。当前，中国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段。创新是引领发展的第一动力，是建设现代化经济体系的战略支撑。当前，世界经济格局、全球经贸环境、产业转移、风险特征等都在发生深刻变化，中国发展也面临不少挑战，尤其是中国不少关乎国家经济命脉的“卡脖子”核心技术依然受制于人，产业升级步伐受阻。为了攻克并掌握卡脖子的核心技术，摆脱受制于人的被动局面，必须加强基础研究，营造尊重人才和知识的良好学术环境，加强学风和学术道德建设，大力弘扬科学精神，加强科技伦理建设。必须在全社会营造鼓励创新、包容失败的创新文化，让创新文化深入人心，激发出活跃的创新热情。

2. 我国创新文化建设的历程与成绩

近些年，尤其是党的十八大以来，我国宏观科技管理体制改革的不断深化，创新范式和企业创新模式发生本质转变，我国创新政策逐步由科技管理向创新治理转变，创新文化日益成为政府、学界乃至全社会关注的重点，创新文化建设成效显著。

一方面体现在我国科技界的创新自信大幅提升，创新氛围

更加风清气正。2018 年中国科协完成的第四次全国科技工作者状况调查数据显示, 58.3% 的科技工作者认为我国科研环境与以前相比有明显改善。35.7% 的科技工作者认为我国科技工作者的科研能力不逊于世界科技强国的科学家, 比 2013 年增加了 13.2 个百分点。72.3% 的科技工作者认为我国科技整体能力持续提升得益于我国的国情体制。62.2% 和 69.1% 的科技工作者表示对我国“到 2020 年进入创新型国家行列”、“在 2049 年时成为世界科技强国”的发展目标很有信心或比较有信心。对我国“在 2020 年全面建成小康社会”、“在 2049 年建成富强、民主、文明、和谐的社会主义现代化国家”的发展目标, 分别有 68.3% 和 74.3% 的科技工作者表示很有信心或比较有信心, 科技工作者对国家发展目标的信心与 2013 年相比均有大幅增加 (57.9% 和 59.1%)。同时, 科研诚信状况有所改善, 科技工作者自律意识提升。在没有参与的科研成果上挂名、抄袭剽窃、代写论文、捏造篡改科研结果、一稿多投等学术不端行为比例显著下降^[8]。

另一方面, 全社会支持创新的文化氛围逐渐形成, 党的十八大以来, 创新以科学精神为根基, 以求实创新为精髓, 全社会理性科学观开始建立。公众对科学的态度逐渐转变, 各地公众对科技创新的态度呈现多元化趋势。中国公众积极支持科技事业发展并对科学技术的应用充满期望, 中国科普研究所第十一次中国公民科学素质调查结果显示, 2020 年我国公民具备科学素质的比例达到 10.56%, 且有 82.5% 的公众赞成“公众对科技创新的理解和支持, 是加快我国创新型国家建设的基础”; 有 81.4% 的公众赞成“到 2050 年, 我国将建成世界科技创新强国”。公众高度关注科技进展。中国公众对生活与健康、环境

污染及治理、农业发展、科学新发现、新发明和新技术、医学新进展、宇宙与空间探索等科技领域高度关注。科学技术类职业期望高，教师、医生、科学家是中国公众职业期望最高的三类职业^[9]。

3. “十四五”期间我国创新文化建设的新挑战

2021年是“十四五”的开局之年，新冠疫情的爆发以及科技新潮流与国内外形势的不断变化为我国科技发展提出了新挑战，也对创新文化建设提出了新要求。习近平总书记2020年9月11日在科学家座谈会上指出，要充分认识加快科技创新的重大战略意义，加快解决制约科技创新发展的一些关键问题，大力弘扬科学家精神^[10]。在2021年5月28日中国科学院第二十次院士大会、中国工程院第十五次院士大会、中国科协第十次全国代表大会上的讲话中，习近平总书记进一步强调：“立足新发展阶段、贯彻新发展理念、构建新发展格局、推动高质量发展，必须深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略，完善国家创新体系，加快建设科技强国，实现高水平科技自立自强。”“要深度参与全球科技治理，贡献中国智慧，塑造科技向善的文化理念，让科技更好增进人类福祉，让中国科技为推动构建人类命运共同体作出更大贡献！”“要在全社会营造尊重劳动、尊重知识、尊重人才、尊重创造的环境，形成崇尚科学的风尚，让更多的青少年心怀科学梦想、树立创新志向。”

2020年10月29日十九届五中全会上通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远

景目标的建议》^①中也就创新文化建设提出了新的要求，其中包括：激发人才创新活力，加强学风建设，坚守学术诚信；弘扬科学精神和工匠精神，加强科普工作，营造崇尚创新的社会氛围；健全科技伦理体系等等。充分表明创新文化建设的相关内容已被纳入国家发展规划的总体部署，也对十四五期间建设创新文化厚植创新土壤提出更高要求。

二、我国创新文化建设的现状与问题

1. 中国科学家精神有待进一步弘扬，科技界作风学风需要持续优化

随着弘扬科学家精神和加强作风学风建设各项举措的全面实施，科技界作风学风得到明显改观。根据2020年中国科协面向科技工作者所做的调查显示，近八成科技工作者对我国作风学风的总体情况感到满意，近七成科技工作者认为近一年来我国作风学风的总体情况有所好转，四分之三的科技工作者认为未来三年作风学风发展趋势向好。但调查结果同时表明，科学家精神的弘扬与科技界作风学风建设仍有继续优化的空间^[11]。

科技界作风和学风的突出问题主要体现在以下方面，一方面我国科技界的学风还一定程度存在浮躁、功利化的价值倾向，科技评价导向不适应科技创新规律，制约创新产出的质量和动能。重数量轻质量、重形式轻内容、重短期轻长远、重跟风轻探索等现象导致科学研究有背离科学精神的倾向，影响了正常的学术生态。2018年中国科协创新战略研究院完成的中国学术环境状况调查显示，10.5%的科技工作者认为单位现行的分类评价制度不合理，以论文、科研项目数量为主要考核指标的占

① http://www.gov.cn/zhengce/2020-11/03/content_5556991.htm

比分别为 45.2%、38.8%，而科技成果转化经济效益、社会影响和教学仅占 23.0%、13.1% 和 17.9%^[12]。另一方面科技资源分配以及学术交流中的“圈子文化”现象依旧存在。学术大腕垄断学界权力和资源导致青年科研人员不得不投靠小圈子，进而带来负面的学术风气。某国家重点实验室主任就曾指出：当前科研领域存在着一些带有江湖气的“圈子”，“占山为王，培植势力，为争夺资源，各山头之间时不时还得火拼。”一旦成为“圈里人”，就不愁“吃喝”，圈外人也挖空心思要进“圈子”。根据 2020 年中国科协创新战略研究院相关调查结果（图 1），近半数（49%）科技工作者认为近一年来我国科技界普遍缺乏百家争鸣的学术争论氛围；而在学术会议中，学术大腕对所讨论的问题发言定调后，只有 17.2% 的科技工作者表示敢于争论^[12]。

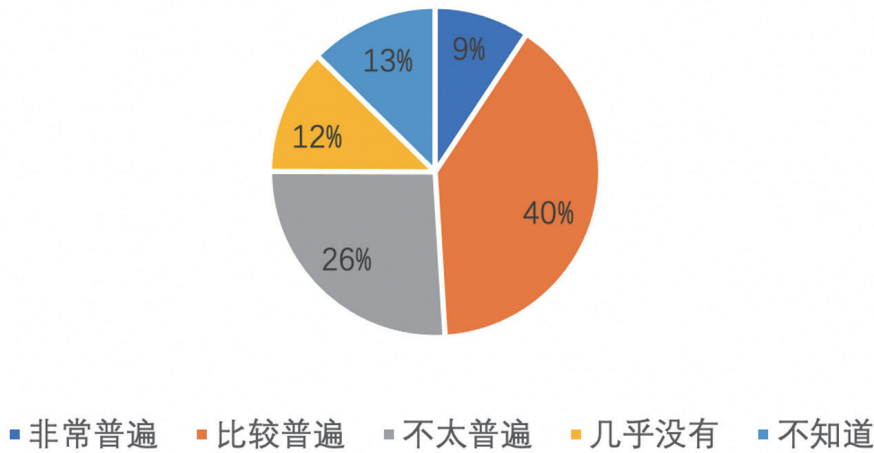


图 1 科技工作者对于我国科技界“缺乏百家争鸣的学术争论氛围”现象是否普遍的评价^[11]

究其背后原因主要有以下几点，一是科技管理简单套用行政机关管理模式，对学术机构的过多干涉、行政权力与学术权力之间的错位限制了科研人员的学术自由和科研院所自主权的实现。二是当前学术评价方式的价值导向偏差，评价指标单一

化、评价标准定量化、评价方法简单化、评价结果功利化等问题导致学术活动在一定程度上偏离了创新精神。三是科技资源配置的导向不合理，学科带头人、评议组成员、学术机构的领导等学术领军人才在课题申报、招生分配、经费下达、成果发表、成果评奖、职称评定等关系科研人员切身利益的重要环节拥有巨大的影响力或权力，导致部分科研人员投机取巧，试图通过人际关系等方式获得学术资源，由此形成圈子文化，进而影响了学术评价的客观性、公平性。四是政府在科技投入中的稳定支持还不充分，宽容失败的机制和环境还有待完善。当前科技投入以竞争性项目为主，重大项目和长期项目比例偏低，导致科研人员将主要精力用于到处申请课题，甚至存在多头申报的问题，既不利于科研人员潜心研究，也不利于产出重大原创性科学研究成果，而且鼓励创新、宽容失败的容错机制还在探索建立的过程中，遏制了科研人员大胆探索、挑战未知的积极性。

2. 科研诚信意识待提升，科技界学术不端行为难杜绝

随着我国对科研诚信的长期重视和引导，科技界学术不端行为得到了有效遏制。中国科协 2013、2018、2020 年的科技工作者调查数据显示，抄袭剽窃、弄虚作假、一稿多投、在未参与的科研成果上署名等学术不端现象出现的比例持续下降。然而，科技工作者的科研诚信意识仍然有待加强，由此带来的一些旧有问题仍未根除。

第四次全国科技工作者状况调查结果显示，仅有 13.5% 的科技工作者表示对有关科研道德和学术规范的知识“非常了解”，表示“不太了解”“基本不了解”的占比为 38.4%。^[8]二是学术不端行为屡禁不止。2015-2017 年，有近三成科技工作者本单位存在“在没有参与的科研成果上挂名”的行为，“一稿多投、

多发”、“弄虚作假”、“抄袭剽窃他人成果”等行为约占两成(见图2)^[8]。高校教师论文涉嫌抄袭、高校研究生、本科生毕业论文抄袭、高中生自主招生提交论文造假等事件也频繁见诸报端。

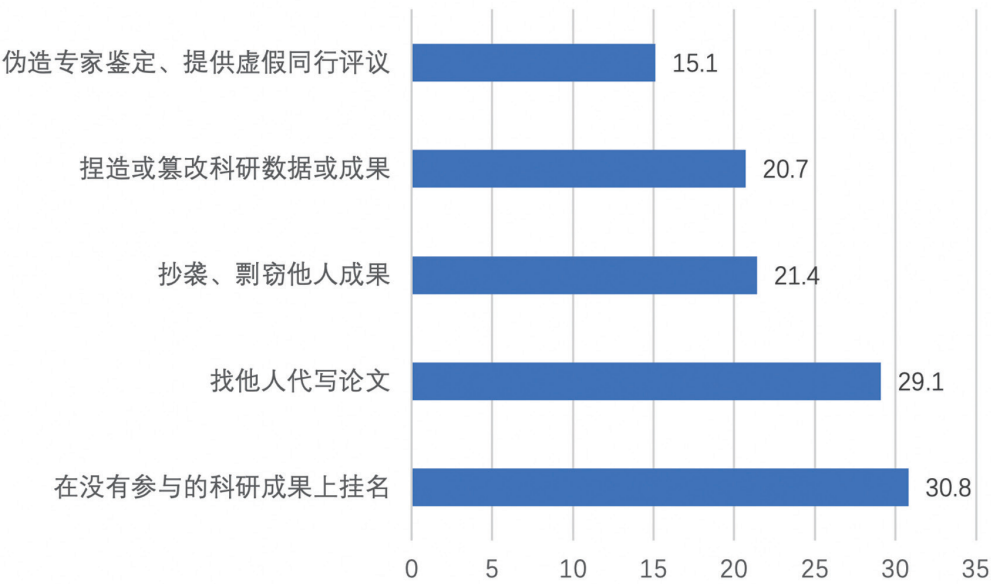


图2 科技工作者反映其身边存在的学术不端行为^[8] 单位：%

导致上述问题的主要原因，一是科研诚信教育缺失。有关调查表明，超过三分之一的科技工作者并不了解科研道德和学风建设的相关规定，说明对科技工作者的科研诚信培训教育仍有不足。二是学术不端行为的惩戒力度明显不足，一些被曝光的典型案例、典型人物未加惩戒，在学界形成不良示范，影响恶劣，科研失信行为的成本低。三是现有科研诚信监管主要停留在事后查处，事前防范的举措不足。

3. 科技伦理治理体系有待健全，教育惩戒未充分落地

近年来，我国科技伦理治理体系的建设有了长足进步。中央全面深化改革委员会第九次会议于2019年7月24日审议通过了《国家科技伦理委员会组建方案》，并在之后成立国家科技伦理委员会，这标志着我国科技伦理治理体系建设迈上了一

个新台阶。为响应国家科技伦理治理体系建设的号召，中国自然科学博物馆学会、中国科协创新战略研究院等五家单位面向全国科普工作者，于2020年9月24日在常州联合发布了《科普伦理倡议书》^[13]。尽管这些治理正在如火如荼地开展，但随着新技术的出现和应用，科技伦理面临的挑战依然层出不穷。

重大科技伦理失范事件时有发生，造成恶劣社会影响。例如贺建奎基因编辑婴儿事件引发的负面舆情损害了我国科技界形象。科技伦理存在监管盲角，一方面科技伦理的审查与监管机制不健全，部分事件中暴露出科技伦理审查不严格甚至“真空”的问题；另一方面医学、生命科学等领域存在一定伦理风险但有良好科研价值和社会意义的科研活动面临监管上的束缚和舆情风险。科技界和社会对于科技伦理敏感性不高。科研人员对于科技伦理的认识和敏感性不足；部分科研机构对于违反科技伦理的警惕意识不强，引发重大争议时反应滞后；公众对于科技伦理问题认识不够，容易被虚假信息和舆论风向所误导。

以上问题说明，我国科技伦理监管体系仍需完善，对科技伦理事件的处理缺乏法律依据，使得部分科技伦理失范行为难以处置。现存科技伦理监管缺乏高度伦理敏感性的及时治理，相关机制亟需在高校、科研机构这一层面得到落实，打通科技伦理治理机制的最后一公里。另外，科研过程中审批审核相关信息仍需公开透明，避免前期不透明不公开，后期被曝光为时已晚。科技伦理相关的教育与宣传仍显不足，需要在高校教育和科研机构培训中进一步加强科技伦理相关知识规范的教育力度。

4. 创新文化引领作用不突出，社会环境营造赶不上科技的高速发展

随着《中华人民共和国科学技术普及法》《全民科学素质

行动计划纲要（2006-2010-2020年）》等一系列方针政策的出台和实施，近年来我国公众科学素质得到了显著提升。但同时，创新文化还没有在全社会深入扎根，创新文化软实力仍未能适应科技飞速发展的现实需要。

公众对科技创新支持意愿较强，但兴趣相对不足。根据中国科普研究所完成的2020年中国公民科学素质调查结果，我国公民赞成“公众对科技创新的理解和支持，是加快我国创新型国家建设的基础”的比例为82.5%，赞成“到2050年，我国将建成世界科技创新强国”的比例为81.4%，表明公众对科技创新支持意愿较强。从公民对各类科技发展信息的感兴趣程度来看，我国公民对前沿科技（71.9%）、航空航天（67.7%）感兴趣程度明显低于对卫生与健康（93.9%）、节约资源能源（88.4%）、和气候与环境（88.2%）等话题，表明公众对科技新闻话题的兴趣度相对不足。

由此可见，当前我国公民科学素质建设中普遍重视科学知识的传播，而对于科学方法的培育、科学精神的弘扬等方面不够重视，导致科学精神尚未被全社会普遍接受，创新文化难以在社会范围内形成价值引领。公民虽然科学知识的水平提升明显，但是自愿自发参与科技活动的兴趣意愿并不高。另一方面，科学共同体对创新精神的弘扬尚未给予足够重视，没有完全承担起向社会弘扬科学精神、营造创新文化的重任。对于很多科技工作者来说，向社会传播科学知识、弘扬科学精神并不是本职工作，远远不及科研工作重要。

三、加强我国创新文化建设的进一步思考

1. 充分弘扬科学家精神，让科学精神深入人心

深入研究提炼创新文化的时代内涵，形成以科学家精神为

引领的中国特色创新精神价值体系，倡导符合创新运行规律和中华文化精髓的创新文化。稳步推进科学家学术成长资料采集工程，深入总结、继承和发扬历代科技工作者身上凝结的宝贵科学家精神和爱国主义情怀，大力表彰有突出贡献的科技工作者，树立优秀科学家典型，广泛而深入地开展学习优秀科学家活动，打造科学界优良的精神面貌。强化科技、教育、宣传等部门的联动，充分发挥科技社团在科学共同体中的协同作用，加大科学家事迹的宣传力度，让科学家精神成为科技工作者共同遵循的价值引领，在全社会形成崇尚科学、尊重科学的良好氛围。将弘扬科学精神作为提升公民科学素质的重要内容，公民科学素质提升的重点从强化传播科学知识向传承科学精神转移，让社会公众特别是广大青少年理解科学、热爱科学、支持科学、学习科学、参与科学。

2. 不断加强科研诚信源头治理，强化科技监督共治

深入学习贯彻落实习近平总书记关于作风学风建设的指示精神，全面落实《关于进一步弘扬科学家精神加强作风和学风建设的意见》等系列文件，不断完善科研诚信建设的制度体系和工作机制。推进科研诚信教育制度化，预防为先，惩治为后，将科研诚信教育列入本科生、研究生的必修课。加强自律，推进科技社团的自治，强化学会和科学共同体在科研诚信建设中的重要作用。积极倡导学风道德建设，形成为满足学术好奇心而工作、为探寻新的科学发现而工作的文化氛围，营造鼓励创新、宽容失败的优良学术环境。在国家层面出台权威的、普适的惩处科研失信行为的制度规范，确立科研诚信建设、监督、惩戒的专门机构，完善部门间的协调联动机制。建立科研诚信数据系统，让严重失信行为涉事者在学术领域内受到相应的惩罚，

让“零容忍”落到实处。强化监督惩处机制，明确学术单位的教育、监督、惩戒主体责任，倒逼主体责任落实，切实履行科研诚信教育和监督职责，层层强化科研诚信的教育监督。

3. 建立健全的科技伦理治理体制机制，提升治理能力

开展国内外研究，建立科技伦理共识，加强科研诚信、科技伦理方向的学科建设。促进科技工作者伦理意识的提升。跟踪国外科技伦理和科研诚信研究进展与创新实践，针对我国科技伦理和科研诚信相关问题进行与时俱进的研究和教育。加强科技伦理研究方向建设和通识教育，提高学生和科技工作者，特别是未来科学家的伦理判断力和意志力，确保科技创新在伦理规范之内发挥有效活力。完善科技伦理政策法规制度体系，从法律法规、部门规章、机构制度、行业准则、标准、规范等多方面，建立健全相关制度规范。明确科研机构在科技伦理建设中的主体责任，加强高校、科研单位、出版机构，以及资助机构、管理机构之间协同联动，实现针对科技活动所涉及伦理问题的有效治理。

4. 在全社会厚植创新文化土壤，营造包容理性的舆论氛围

加强全国创新文化教育基础设施均衡建设，建立完善创新中心、体验中心等新型创新文化载体。在现有博物馆、图书馆、文化馆等公共文化基础设施中增加科技创新要素。加强科技史和本土科技成果、科技名人等内容的展览展示，重视科技创新相关的纸媒、新媒体等多元渠道建设，培养创新文化传播人才。增加科技创新要素在正规教育、社会教育、家庭教育中的比重。鼓励扶持有条件的媒体、高校、科研机构、企事业单位、全国学会协会等建立创新文化与科学文化教育研究基地。鼓励大学、科研机构、企业等主体研究创新文化，通过学术研究启发创新

实践。提高全民创新意识和创新能力，重点培养青少年的创新意识和创新能力，为青少年的梦想插上科学的翅膀。加大各类媒体报道科技创新的力度，保证媒体对科技创新的报道的数量和质量，采用公众喜闻乐见的传播方式，注重对科技热点问题的追踪与关注。要同时宣传科技界正面案例和反面典型，滋养全社会以创新为己任的文化氛围和民族自信，营造健康的创新文化氛围。保障科技类报道内容的真实性、客观性和准确性。建立有效的内容纠错机制，及时发现并纠正有误的报道。促进公众参与科技创新，通过创新实践让公众对科技创新和科技工作有浓厚的兴趣、正确的认识和端正的态度，使科技工作成为极具吸引力的职业。

作者：

任福君 中国科协创新战略研究院、北京科技大学科技史与文化遗产研究院

刘 萱 中国科协创新战略研究院

马健铨 中国科协创新战略研究院

文章来源：

任福君，刘萱，马健铨．面向 2035 创新文化建设的进一步思考[J]．科技导报，2021，39(21)：87-94.

参考文献

- [1] 任福君. 面向 2035 的中国创新文化与创新生态建设的几点思考 [J]. 中国科技论坛, 2020(05):1-3.
- [2] 李钟文. 硅谷优势: 创新与创业精神的栖息地 [M]. 北京: 人民出版社, 2002.
- [3] Deschamps-Sonsino A. Creating a Culture of Innovation[M]. Apress, Berkeley, CA, 2020.
- [4] 俞鼎, 盛晓明. 新时代创新文化的语境转换 [N]. 中国社会科学报, 2018-08-02.
- [5] 杨刚, 谢懿. 中国情境下的创新文化研究: 回顾、趋势与展望——基于 CiteSpace 的文献计量分析 [J]. 贵州大学学报(社会科学版), 2019, 37(04):128-137.
- [6] 柏林科学技术研究院. 文化 VS 技术创新: 德美日创新经济的文化比较与策略建议 [M]. 吴金希, 张小方, 朱晓萌, 等, 译. 北京: 知识产权出版社, 2006.
- [7] 习近平. 顺应时代潮流 实现共同发展——在金砖国家工商论坛上的讲话 (2018 年 7 月 25 日, 约翰内斯堡) [N]. 人民日报. 2018. 7. 26.
- [8] 中国科协创新战略研究院, 第四次全国科技工作者状况调查报告 [M]. 中国科学技术出版社, 2018:8.
- [9] 中国科普研究所. 第十一次中国公民科学素质抽样调查主要结果发布 [EB/OL]. 2021-01-26[2021-01-29].
- [10] 习近平. 在科学家座谈会上的讲话 (2020 年 9 月 11 日) [N]. 人民日报. 2020. 9. 12.
- [11] 中国科协创新战略研究院. 科技工作者对作风与学风建设的态度与评价调查报告 [R]. 北京: 中国科协创新战略研究院, 2020.

[12] 刘萱,王宏伟等.中国学术环境建设研究报告(2018)[M].北京:清华大学出版社,2018.

[13] 科普伦理倡议书[J].自然科学博物馆研究,2020,(5):5-6.



创新研究公众号



中国科协创新战略
研究院官网

编辑部成员:张丽琴 王国强 王达 苗晶良 黄诗愉 王楠 电话:68788193

