

欧盟材料技术研究与开发主要做法及对我国的政策建议

肖 轶

(中国科学技术交流中心, 北京 100045)

摘 要: 本文主要介绍了欧盟在关键使能技术战略下开展材料技术研发的主要情况, 包括欧盟通过聚焦材料研发的三大核心技术, 组建欧洲材料建模委员会、欧洲材料表征委员会, 成立欧洲新材料发现实验室等举措, 开展材料技术研发的主要做法。并结合我国材料基因组研究基础和发展现状, 提出相关建议。

关键词: 欧盟; 使能技术战略; 材料研发; 新材料

中图分类号: G327.712 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2019.01.001

欧盟作为与美国“比肩”的重要科技创新力量, 长期以来通过稳定、持续的科研创新框架计划等战略布局材料领域, 资助材料前沿研究和产业化开发, 助力其在全球保持第一梯队地位。2011年6月, 美国政府宣布启动规模庞大的材料基因组计划(Materials Genome Initiative, MGI)。在美国材料基因组计划带动下, 为加快缩短新材料研发周期、降低研发成本, 让新材料尽快从实验室走向应用, 近年来, 以材料高通量计算、材料高通量制备与表征及专用数据库三大技术及其平台建设为内容的材料基因组技术日渐成为全球材料研究强国(地区)和大国(地区)相互角力的热点。

与美国大张旗鼓推出材料基因组计划迥然不同的是, 近年来, 欧盟充分考虑其材料领域技术储备、科研环境、研发机制、产业发展等核心因素, 聚焦该领域发展的三大核心技术发展, 在材料研发上注重战略衔接, 同时抓住关键点, 悄然布局。本文拟分析欧盟近年来材料研发领域发展的宏观环境、部署路径、政策措施等, 并结合我国材料基因组研究基础和发展现状, 提出相关建议。

1 以关键使能技术战略为指导, 聚焦前沿与产业化鸿沟问题导向, 推动材料领域融合发展

1.1 通过使能技术战略规划先进材料发展

2009年9月, 欧盟发布《筹划未来: 发展欧盟关键使能技术的共同战略》政策文件^[1]。该文件首次推出发展关键使能技术战略(Key Enabling Technologies, KET), 更为重要的是, 该文件首次将关键使能技术作为推动欧盟材料领域发展的框架指导。所谓使能技术是指一系列应用面广、具有多学科表征特点、对于完成既定任务与实现既定目标起到关键推动或/和催化作用的技术。从技术与产品创新链的角度看, 使能技术属于应用研究范畴, 在基础研究与产品开发之间, 其任务是通过技术创新来推动创新链下游的产品开发、产业化等环节的实现。

欧盟认为, 发展使能技术是创新的关键环节。在此基础上, 欧盟将以下六大技术定为关键使能技术: 纳米技术、先进材料技术、微(纳米)电子技术与半导体技术、光电技术、工业生物技术

作者简介: 肖轶(1974—), 男, 工程师, 主要研究方向为国际科技创新政策、科技创新合作管理。

收稿日期: 2018-12-10

与融合上述技术的先进制造技术。欧盟高度重视材料领域发展，该战略明确将先进材料技术作为支撑战略的重要一环，其余五大领域与材料技术也密切相关^[2,3]。

1.2 以问题为导向，解决材料领域的死亡鸿沟

欧盟大力倡导关键使能技术的关键在于，欧盟在材料领域的原始创新方面具有较强实力，关键性先进材料的突破为航空航天、交通运输、基础设施建设、医疗卫生等产业的转型升级提供了支撑。同时，先进材料领域的颠覆性创新促进了循环经济发展，降低了碳足迹和能源需求，特别是在一定程度上缓解了长期困扰欧盟的重大难题——稀缺原材料紧缺。但欧盟对其材料领域评估后认为，欧盟成员国科研院所实验室研发出来的许多先进材料都被束之高阁，未能有效开发利用，成为“死材料”，即先进材料领域的前沿基础研究和市场应用之间存在“死亡鸿沟”。欧盟推动使能技术战略的目的之一，就是利用使能技术这一连接前沿基础研究和市场应用之间的应用研究技术集群效应，填补先进材料领域的“死亡鸿沟”，让“死材料”成为“活材料”，带动材料发挥新用途、新效能^[3,4]。

1.3 使能技术战略推动材料领域融合发展

使能技术的一大特征是多学科、多产业推动核心关键技术和共性技术协调发展，延伸和扩大产业的创新链、价值链和供应链。就欧盟而言，是要通过关键使能技术的推广应用，加强欧盟的工业和创新能力，以应对未来的社会挑战。共性技术与融合发展是使能技术战略规划多产业协调发展的重要抓手。同时，材料技术是使能技术的重要基石，欧盟希望在使能技术战略规划下，实现新材料融合发展，研发共性材料，推广跨产业应用，降低研发成本，提高研发效率^[5,6]。

2 聚焦材料技术研发三大技术，成立专门委员会等，深耕细作，协同推进

材料技术研发的核心在于材料高通量计算、材料高通量制备与表征、专用数据库三大技术及其平台建设，欧盟在材料研发方面一是重点聚焦材料研发三大核心技术，利用欧盟科研框架计划——“地平线 2020”（2014—2020）在三大核心技术领域设

点布局，开展前沿研究；二是开展三大核心技术平台建设，共享信息平台；三是推动产学研紧密合作，倡导协同推进。

2.1 组建欧洲材料建模委员会，发布欧洲材料建模路线图

2014 年，在“地平线 2020”框架计划资助下，组建欧洲材料建模委员会（EMMC）。该委员会吸纳了欧盟成员国材料领域的科研院所、高校、企业界 900 余名专家和企业代表，代表了欧盟材料建模领域的各利益相关方力量，反映、协调和整合各利益相关方诉求。

2.1.1 组织建设

该委员会下设 4 个小组：（1）制造商小组。该小组汇集了欧洲材料跨行业领域的关键公司代表，领域涵盖消费品、工业化学品、聚合物、合金等，代表材料建模最终用户和需求方利益，其主要任务是明确对材料的商业需求、材料建模的目标指向、对材料建模解决方案的商业判断等。（2）建模软件提供商小组。该小组是材料建模软件的所有方代表，目标是将材料建模软件提供给最终用户，支持建模软件从开发到市场应用的全过程，制定《欧洲材料建模软件开发质量保证指南》等。（3）材料开发者小组。该小组由材料开发人员组成，其主要任务一是推动改进和普及利用现有材料模型，二是分析最先进的技术和建立路线图，以进一步研发更准确、更可靠的新材料模型。（4）产学研沟通组。该小组成员包括材料企业的研发人员，软件公司的应用科学家，高校、科研机构科学家等，其任务是作为沟通材料建模领域产学研的“桥梁”，形成产学研三方利益的共同点。

2.1.2 建立协调网络

欧洲材料建模委员会的核心目标是将欧洲材料建模领域的所有活动实现联网，推动欧洲材料制造商在业务决策过程中使用材料建模，将材料建模整合到工业过程中，把材料建模作为最终材料产品不可或缺的一部分，提高产品设计速度，大幅降低可制造性和使用成本。为实现这一目标，欧洲材料建模委员会在建立上述 4 个小组的基础上，搭建材料建模关键问题信息交流平台，建立可持续性协调网络，整合欧洲材料建模市场、模型和数据库，实验验证信息、材料教育资源、模

型选择器等，同时开放上述信息、数据和基础设施等。

2.1.3 发布路线图

2015年4月，该委员会发布材料建模未来10年技术路线图（2015—2025）。计划利用10年时间，在欧洲材料建模委员会集聚欧洲材料建模创新资源的基础上，以开放为原则，形成材料建模全创新链的标准规范，主要包括元数据标准、统一数据结构（CUDS）技术基础、统一数据结构规范、建模软件工具、数据处理器、信息平台、信息汇编标准、材料模型的验证等^[7]。

2.2 设立欧洲材料表征委员会，统筹创新资源

欧盟认为，材料表征是从材料研发到材料生产、质量控制等的中心支柱之一。2014年欧盟通过工程和升级集群（Engineering & Upscaling Cluster）项目对第七框架计划中涉及材料研发的100个项目进行研究后发现，材料表征在材料研发中发挥着核心作用。超过90%的项目采用了材料表征方法，50%的项目包含材料表征开发。但其中的许多项目市场化程度较弱，未能实现欧盟预期效果。为此，欧盟通过“地平线2020”框架计划，设立欧洲材料表征委员会（EMCC）、加强欧盟材料表征领域统筹和规划，来推动材料研发市场化。

2.2.1 任务目标

欧洲材料表征委员会旨在建立欧洲材料表征领域利益相关者平台，支持研发和改进材料表征工具，促进欧洲纳米材料和先进材料的产品化、商业化和市场化。建立欧洲纳米表征标准方法，利用开放研究数据创建纳米表征平台，连接纳米计量科学和产业需求。为欧盟制定材料政策提供咨询和建议，为欧洲纳米材料和先进材料的研发提供表征技术，加强欧洲的工业能力和竞争力。

2.2.2 组织架构

欧洲材料表征委员会由组织委员会（OMB）管理，并下设9个工作组。组织委员会包括来自不同工作组的负责人和欧洲材料表征领域的知名专家。9个工作组分别为：

（1）仪表和计量组。该工作组的职责是制定和建立材料测量原则及其在计量领域实现测量的过程、程序、方法和工具，开展与欧洲传感器集群、

大型材料表征基础设施（如同步加速器）的合作与协调。

（2）标准化组。预测可通过表征标准化建设带来未来受益的活动，支持广泛认可的标准表征协议。

（3）表征数据和信息管理组。贯彻欧盟科研三原则（开放科学、开放创新和向世界开放），完善材料表征信息管理，便捷访问现有数据，研发和推广“模拟数据库”和“模型验证数据”，加强与欧洲材料建模委员会的合作与协调。

（4）法规、材料毒性和安全组。该组聚焦支持材料表征的风险评估和提出监管政策建议，并与欧洲纳米安全集群（NSC）密切合作。

（5）中小企业和产业需求组。该组的主要工作是构建产业利益相关方网络，支持实施高风险、高回报的新概念、新商业模式等。改善使用大型材料表征设备的条件（如同步辐射）。

（6）政策组。协调委员会组织的各项活动，对利益相关方提出的意见进行分析，以支持欧盟政策制定以及欧洲材料表征委员会开展的欧盟优先部署的工作。

（7）网络活动组。构建材料表征领域活跃的利益相关方团体（包括仪器制造商、终端用户、科学家、标准化机构、国家计量和标准实验室等）信息交流平台。

（8）信息传播组。建立独特的沟通平台，以促进委员会其他所有工作组、所有欧洲材料表征委员会项目的项目合作伙伴，以及更广泛的特征兴趣小组和利益相关者之间的信息流动。

（9）国际合作组。联系材料表征领域正在、即将或潜在的国际合作项目、计划和活动。协调欧盟成员国、区域和国际资助机构、来自学术界和产业界的科学家和工程师参与欧洲材料表征委员会有关的活动。建立有国际影响的、多方利益相关方参与的网络。影响和推动有关材料表征的国际实践、政策、合作和机制性伙伴关系。

2.2.3 服务对象

欧洲材料表征委员会采取注册会员制方式，通过上述9个工作组为欧盟涉及材料领域的地平线计划重点项目提供其工作范围内的各种服务。截至目前，欧洲材料表征委员会提供服务的地平

线计划项目包括“纳米级生产自动在线计量”项目（Aim4np）、“纳米技术体积扫描微波显微镜分析和研发工具”项目（V-SMMART NANO）、“新的红外纳米镜成像工具”项目（LANIR）、“欧洲纳米材料确定实施方法”项目（NanoDefine）、“磁性纳米粒子的纳米计量标准化方法”项目（NanoMag）等 21 个项目。

2.3 组建欧洲新材料发现实验室，构建新材料数据库

2015 年 11 月，欧盟在“地平线 2020”框架计划资助下，投资 4.9 亿欧元，以德国马普研究所为依托，伦敦大学国王学院、洪堡大学、剑桥大学、巴塞罗那大学等 10 家高校、科研院所共同参与，组建欧洲新材料发现实验室（NOMAD）^[8]。

2.3.1 实验室目标

该实验室的主要目标是通过开发新材料发现工具，助力前沿基础科学和工程领域的研究人员推动欧洲材料科学发展，发现和识别新的物理现象，推动产业界改进现有产品，研发新技术和新产品。

2.3.2 核心竞争力

欧洲新材料发现实验室以材料建模、材料实验和材料理论为核心，通过高性能计算（HPC）形成大型材料数据库。在此基础上创造全新的材料科研条件和环境，生成崭新的材料设备，产生新的材料科学和材料工程。由欧洲新材料发现实验室开发和维护的材料数据库目前是全球最大的计算材料科学存储库。与美、日等国的材料基因组计划相比，欧洲新材料发现实验室的核心竞争力在于两点：一是全球合作。该材料数据库包括了来自全球研究人员及其他材料数据库的数据。二是开放与通用。该材料数据库将开放访问数据转化为通用数据，实现了计算材料科学的飞跃。

2.3.3 主要研究内容

（1）材料科学的数据挖掘工具。欧洲新材料发现实验室创建、收集、存储了大量计算材料科学数据，并开发了挖掘数据的工具，以便发现新的材料结构、材料相关性和新信息。（2）欧洲新材料发现实验室百科全书。欧洲新材料发现实验室开发了存档数据工具，形成欧洲新材料发现实验室百科全书。该百科全书代表了用户友好的、可公共访问

的欧洲新材料发现实验室材料数据库。通过访问欧洲新材料发现实验室百科全书，可了解各种材料的机构、机械、热行为、电子特性、外部刺激反应等。

（3）大数据分析工具包。欧洲新材料发现实验室开发了材料大数据分析工具包，帮助用户识别材料数据库中材料的结构和相关性，使科学家和工程师选择对特定应用最有用的材料，或是预测和发现具有特定应用特性的潜在新材料。（4）高性能计算服务。欧洲新材料发现实验室集成了“地平线 2020”计划的高性能计算设施，包括西班牙的巴塞罗那超级计算中心、芬兰的 IT 科学中心、德国莱布尼茨超级计算中心以及德国马普计算和数据中心，共同设计开发了材料高通量计算的构架和技术平台，其产生的数据库可为所有用户便捷地访问和重复使用。

尽管欧盟在材料基因组研究方面声势未有美国浩大，但欧盟在该方面的发展毫不逊色。例如我国广泛采用的第一原理计算软件 VASP 由奥地利维也纳大学研发，全球领先的、基于第一原理的半导体模拟程序 ATK 由丹麦 QuantumWise 公司研发，开源工具中间件 ASE 由丹麦技术大学研发。究其原因，除欧盟在材料学科方面，特别是结构材料和光电材料方面基础雄厚外，最重要的是材料基因组研究的核心密码是“数据”“共享”和“开放”。这 3 点正是欧盟科研倡导的核心理念群中的突出代表，如欧盟在“地平线 2020”计划实施中大力实施“开放科学、开放创新和向世界开放”的“三开放政策”；2017 年，欧盟开始全面实施科研数据开放制度；2018 年制定“S 计划”，强力推进科技计划科研成果的免费开放获取等等。

3 对我国材料技术研究发展的建议

新材料作为国民经济先导产业和高端制造及国防工业的重要保障，未来将成为各国战略竞争的焦点。2016 年 12 月，我国国务院决定成立国家新材料产业发展领导小组。2017 年 1 月，工业和信息化部、发展改革委、科技部、财政部联合印发《新材料产业发展指南》，作为新材料能力创新工程，明确提出要搭建材料基因技术研究平台。开发材料多尺度集成化高通量计算模型、算法和软件，开展

材料高通量制备与快速筛选、材料成分-组织结构-性能的高通量表征与服役行为评价等技术研究,建设高通量材料计算应用服务、多尺度模拟与性能优化设计实验室与专用数据库,开展对国家急需材料的专题研究与支撑服务。为实现上述目标,结合欧盟材料研发的主要做法,就我国开展新材料技术研发提出以下建议^[9]。

(1) 贯彻落实《新材料产业发展指南》,制定材料基因组技术研究政策及路线图。按照《指南》要求,在国家新材料产业发展领导小组统一规划下,结合《新材料产业“十三五”发展规划》《“十三五”材料领域科技创新专项规划》等文件要求,制定材料基因组技术研究相关政策,拟定材料基因组技术发展路线图。规划新材料前沿研究、应用研究和市场化的创新链、价值链和产业链。

(2) 加快推动材料数据、仪器设备等的共享开放和管理。按照《科学数据管理办法》《国家重大科研基础设施和大型科研仪器开放共享管理办法》等办法要求,应加快推动材料数据、大型材料科研仪器等的开放共享,利用互联网+、大数据挖掘、存储、分析等理念,形成材料大数据库、数据云。同时加强对材料数据库、数据云的统一管理。

(3) 整合国内材料技术研究创新力量,成立新材料发现国家实验室。借鉴欧盟欧洲新材料发现实验室做法,统筹和依托现有国内材料基因组研究高校、科研院所和企业资源,搭建材料基因技术研究平台,建立分布式新材料发现实验室,加强产学研合作、协同创新,联合攻关。

(4) 加快相关人才培养和引进。材料基因组研究属于交叉学科,涉及材料学、计算科学、软件开发、大数据管理、网络信息等,急需培养材料基因组研究的专业人才和跨学科通用人才。同时通过国家和地方海外高层次人才计划,重点引进相关人才。

(5) 加强相关领域国际合作与交流。加强与发达国家(地区)相关科研机构、高校等的国际合作与交流,通过国际科技合作重点研发计划、基金委国合项目等,支持中外材料基因组联合研究,建立材料基因组研究国际联合实验室、设立

材料基因组国际合作基地等。利用国家出国培训渠道,设立材料基因组研究人才出国培训专项,学习和借鉴发达国家(地区)材料基因组研究经验和做法。■

参考文献:

- [1] European Commission. Preparing for our future: Developing a common strategy for key enabling technologies in the EU[EB/OL]. [2018-11-16]. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0512:FIN:EN:PDF>.
- [2] 许端阳,徐峰.典型国际(地区)使能技术发展战略的共性特征分析及对我国的启示[J].科技管理研究,2011(14):19-23.
- [3] 孙彦红.欧盟关键使能技术发展战略及其启示[J].德国研究,2014,29(3):71-80.
- [4] European Commission. A European strategy for Key Enabling Technologies—A bridge to growth and jobs[EB/OL]. [2018-11-18]. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0341:FIN:EN:PDF>.
- [5] European Commission. Life sciences and biotechnology—A Strategy for Europe COM(2002)27[EB/OL]. [2018-11-18]. http://ec.europa.eu/biotechnology/pdf/com2002-27_en.pdf.
- [6] European Commission. Nanosciences and nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009 COM(2005) 243[EB/OL]. [2018-11-18]. https://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/policy/action_plan_brochure_en.pdf.
- [7] European Commission. European strategic energy technology plan (SET Plan) COM(2007) 723[EB/OL]. [2018-11-20]. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/technology-and-innovation/strategic-energy-technology-plan>.
- [8] EMCC. EMCC Draft Roadmap for Stakeholder Comments[EB/OL]. [2018-11-27]. <http://www.characterisation.eu/index.php/publications-output>.
- [9] NOMAD. NOMAD scope and overview[EB/OL]. [2018-11-28]. <https://nomad-coe.eu/>.
- [10] 中华人民共和国工业和信息化部.新材料产业发展指南[J].建材发展导向,2017,15(20):3-8.

(下转第14页)

- shuju/2017-12/31/content_5251994.htm.
- [4] 曹云祥, 罗瑜. 自主创新能力与高技术制造业国际竞争力——基于 91 个国家与地区的跨国面板数据实证分析[J]. 未来与发展, 2015, 39 (05): 65-71.
- [5] 赵志耘, 杨朝峰. 中国全要素生产率的测算与解释: 1979—2009 年[J]. 财经问题研究, 2011 (9): 3-12.
- [6] 杨震宇. 战略性新兴产业全要素生产率的测算及其收敛性分析[J]. 科技管理研究, 2016 (15): 114-121.
- [7] 蔡跃洲, 付一夫. 全要素生产率增长中的基数效应和结构效应——基于中国宏观和产业数据的测算及分解[J]. 经济研究, 2017 (1): 72-88.
- [8] 许晖, 纪春礼, 李季, 等. 基于组织免疫视角的科技型中小企业风险应对机理研究[J]. 管理世界, 2011(2): 142-154.

Research on the Driving Mechanism of Innovation of Hi-tech Manufacturing Industry in China: Analysis based on Total Factor Productivity

CHEN Wei, LI Xiao-qi

(Torch High Technology Industry Development Center, Ministry of Science and Technology, Beijing 100045)

Abstract: Hi-tech manufacturing industry, whose innovation ability is of great significance for promoting the development of the real economy, is an integral part of manufacturing. Based on literature research of total factor productivity, this paper studies the innovation impetus of hi-tech manufacturing industry in China, analyzes the relevant factors that restrict the improvement of innovation ability, and puts forward countermeasures and suggestions.

Key words: total factor productivity; hi-tech manufacturing industry; innovation ability

(上接第5页)

A Study on EU's Experience on Material Technology Research and Development and Policies Recommendation for China

XIAO Yi

(China Science and Technology Exchange Center, Beijing 100045)

Abstract: The paper mainly introduces an overview of EU's research and development of material technology under the key enabling technology strategy, especially the establishment of the European Material Modeling Committee, the European Material Characterization Committee and the European New Materials Discovery Laboratory EU focusing on the three core technologies of material research and development. Relevant suggestions are put forward based on the research basis and development status of China's material genome technology.

Key words: EU; enabling technology strategy; material research and development; new materials