

中国新材料创新突破的路径及政策保障

王昶,周思源,耿红军*

中南大学商学院,长沙 410083

摘要 新材料是未来高新技术产业发展的基石和先导,精准设计新材料创新突破路径及政策,是中国实现制造强国战略目标的必然要求。梳理了美国、日本与欧盟等材料强国的新材料技术创新突破经验,探讨了我国先进基础材料、关键战略材料与前沿新材料产业发展的现状与问题,分别设计了先进基础材料“竞争力提升”创新突破路径、关键战略材料“自主可控”创新突破路径及前沿新材料“抢先卡位”创新突破路径,并从完善新材料产业创新系统、引导新材料产业创新方向、建设新材料产业新型创新基础设施、构建可持续的创新保障体系等方面提出了政策建议。

关键词 新材料;创新突破路径;政策保障

“一代材料、一代器件、一代装备”,新材料对新兴产业发展具有基础与先导作用^[1],对国民经济、国防军工建设起着重要的支撑和保障作用。新材料是基础性、综合性产业门类,可以分为先进基础材料、关键战略材料与前沿新材料等具有不同属性特征的细分门类^[2]。其中,先进基础材料具有高市场竞争程度特征^[3],以渐进式创新为主,重点是实现规模化生产、提升产品品质;关键战略材料具有高商业生态依赖性特征,主要应用到产品的核心部位,需要高强度的研发投入,对生产工艺精度、一致性和可靠性有较高的要求^[4];前沿新材料具有高不确定性特征^[5],是由科学发现和技术发明直接转化形

成的,需要经过大量的摸索与试错的过程掌握科学规律。当前,中国新材料产业面临先进基础材料参差不齐,关键战略材料受制于人,前沿新材料技术有待突破等问题,难以为中国制造强国战略提供坚实的支撑^[6]。如何精准设计新材料创新突破路径及政策支撑体系,成为中国亟需解决的现实问题^[2]。

本研究在借鉴美国、日本、欧盟等材料强国的创新发展经验的基础上,分类探讨我国先进基础材料、关键战略材料与前沿新材料产业发展的现状与问题,设计中国新材料技术创新突破的路径,并进一步提出政策保障措施,以期为制造强国战略的实现提供支撑。

收稿日期:2022-05-20;修回日期:2022-06-06

基金项目:国家社会科学基金重大项目(18ZDA016)

作者简介:王昶,教授,研究方向为创新战略与政策及资源战略与政策,电子信箱:changw1000@163.com;耿红军(通信作者),博士研究生,研究方向为创新政策,电子信箱:869167106@qq.com

引用格式:王昶,周思源,耿红军.中国新材料创新突破的路径及政策保障[J].科技导报,2022,40(11):24-32;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2022.11.003

1 新材料创新突破的国际经验

美国、欧盟和日本作为全球领先的新材料强国,其成功的实践经验模式对中国新材料创新突破具有重要的借鉴意义。因此主要从新材料创新主体、新材料创新领域及创新措施3个维度对美国、欧盟与日本新材料创新突破的经验进行归纳总结,为中国新材料创新突破路径设计提供经验借鉴。

1.1 美国新材料创新突破的经验

美国新材料创新主体由政府、大学和国家实验室、新材料企业及金融机构和风投机构组成。其中,政府主要发挥引导作用,大学和国家实验室是新材料的原始创新主体,新材料企业负责应用研究、技术成果转化,金融机构和风投机构为新材料创新提供资金等创新资源。美国以满足国家战略需求和追求前沿领先为导向,重点选择半导体材料、量子材料、生物材料、超材料、极端环境材料等新材料进行创新突破(表1)。

美国主要通过构建国家实验室体系、推行材料研发技术变革和实施军民融合战略措施促进新材料创新突破。首先,通过构建新材料国家实验室,将材料学科与物理、化学、信息计算等多学科交叉融合,探索知识前沿,突破关键新材料基础知识;美国新材料国家实验室积极与新材料企业进行应用

研究合作,并为新材料企业提供试验指导等服务。例如,美国国家标准与技术研究院(NIST)设立了材料计量实验室,为工业界提供新材料试验方法与标准指导。其次,推行材料研发技术变革,为新材料技术创新提供新方法,如美国实施“材料基因组”计划,倡导加强实验、数据库和计算技术不同环节间的信息、数据的协作与共享,极大缩短了新材料研发周期,同时也降低了研发成本。最后,实施军民融合战略,通过打通军转民、民参军的双向转移通道,开拓新材料市场。例如,美国军方与民营半导体企业英特尔(Intel)和德州仪器(TI)签订巨额订单,迅速打开了美国半导体材料的市场。

1.2 欧盟新材料创新突破的经验

欧盟新材料创新主体主要由区域中介组织、大学和科研院所、新材料企业以及金融机构组成。其中区域中介组织主要发挥协同各成员国、整合和调配资源作用,高校、科研院所是新材料创新突破的主要动力来源,新材料企业是促进新材料技术成果转化的主体。私人企业、金融机构为新材料创新突破提供稳定和可靠的资金的支持。欧洲关键新材料创新以塑造未来核心竞争力为导向,重点选择先进生物聚合物材料、先进合成高分子材料、先进金属材料、新型复合材料、先进陶瓷材料进行创新突破(表1)。

表1 美国、欧盟与日本新材料创新突破经验

内容	美国	欧盟	日本
创新主体	政府、大学、国家实验室、新材料企业、军方、金融机构和风险投资机构	区域中介组织、大学、科研院所、新材料企业、金融机构和欧盟设立的结构基金	政府、大学、各类科研机构和新材料企业
重点领域	半导体及其他电子材料,量子材料,聚合物、生物材料其他软物质、结构化材料和超材料,能源材料、催化材料和极端环境材料,清洁技术材料,移动、储存、泵送和管理热能的材料。	先进金属材料、先进合成高分子材料、现金陶瓷材料、新型复合材料、先进生物聚合物材料等	纳米材料、电子信息材料、新能源材料、节能环保材料等
主要措施和着力点	(1) 构建国家实验室体系; (2) 推行材料研发技术变革; (3) 实施军民融合战略	(1) 制定新材料战略发展规划; (2) 集中配置创新资源组建区域型中介组织	(1) 开展新材料技术趋势预测以制定发展战略; (2) 打造“官产学”的研发应用一体化模式

欧盟主要通过制定新材料战略发展规划、集中配置创新资源、组建区域型中介组织等措施实现新材料的创新突破。首先,欧盟主要通过制定新材料战略发展规划,为新材料技术创新指明方向,如欧盟发布《筹划未来:发展欧盟关键使能技术的共同战略》,将新材料技术上升为关键使能技术,制定了新材料创新的路线图与计划表,为新材料技术创新指明了方向;其次,欧盟重视创新资源的集中配置,突破关键核心技术,如为突破材料基因组技术,欧盟将创新资源主要集中在材料高通量计算、材料高通量制备与表征、专用数据库三大核心技术;最后,欧盟重视组建区域型中介组织,通过基金资助、成立合作平台和促进科研人员跨国自由流动等活动,将分散的欧盟研发主体串联成信息与知识能够快速流动的创新网络,如在“地平线 2020 框架”计划资助下,组建了欧洲材料建模委员会,整合了来自政产学研用的 900 多名专家,建立了协调网络,促进了欧盟成员国之间的知识与信息交流。

1.3 日本新材料创新突破的经验

日本关键新材料的创新主体主要由政府、大学和各类科研机构、新材料企业组成。其中,政府负责统筹规划及顶层设计,大学及各类科研机构致力于关键新材料基础知识探索和共性研究,新材料企业是实现关键新材料技术开发和商业化应用的主体。日本新材料创新以服务国家战略需求和塑造产业竞争优势为导向,重点部署纳米材料、电子信息材料、新能源材料、节能环保材料等新材料进行创新突破(表 1)。

日本主要采取开展新材料技术趋势预测、打造“官产学”的研发应用一体化模式来促进新材料的创新突破。首先,通过技术预见机制预测新材料技术趋势,制定战略计划,加强对新材料创新方向的指引。日本国家科技政策研究所(NISTEP)运用德尔菲法、情景分析法等方法,广泛征集各界专家的意见,预测新材料技术创新方向及发展前景,为日本政府展开新材料技术创新战略部署提供支撑。例如,日本自第二期“科学技术基本计划”开始,持续将新材料列为科技创新的重点领域,并制定“超级钢材料计划”“下一代汽车计划”“纳米与材料科

学技术研发战略”等战略计划,为超级钢铁材料、碳纤维和纳米半导体材料等重点领域的创新突破提供专项指导。其次,构建“产官学”模式打造研发和应用一体化机制。日本政府为新材料创新突破设计完整的技术路线,大学、科研机构和新材料企业积极配合协同创新。此外,日本还采用纵向一体化方式整合产业链,加速新材料应用。例如,东丽收购赛车制造商童梦(Carbon Magic),促进碳纤维增强复合材料(CFRP)在赛车轻量化市场的商业化应用。

2 中国新材料创新突破的现状存在问题

主要根据《中国制造 2025 重点领域技术路线图》和《新材料产业发展指南》,并参考了干勇等学者的分类方式^[6],将新材料分为先进基础材料、关键战略材料和前沿新材料三大类(表 2),分别探讨中国新材料创新突破的现状与存在的问题。

2.1 中国新材料产业创新发展现状

由于先进基础材料、关键战略材料及前沿新材料技术进步速度、市场竞争强度及进入时机等方面的不同,中国 3 类新材料所面临的创新形势、主要问题有差异,创新突破的路径也各有侧重。

先进基础材料是基础工业升级发展的必须材料,市场需求范围广,且具有“一材多用”的特点,其技术工艺、生产规模和应用水平是衡量国家工业基础的重要标志^[1]。中国的纺织先进材料、特种钢铁材料、有色金属材料等先进基础材料总体上处于优势地位,产量和规模都基本达到全球前列水平,部分先进基础材料的研发生产与应用技术已经达到或者接近国际水平。如在先进铜合金材料领域,宁波博威合金材料股份有限公司和中铝洛阳铜业有限公司突破了 C19400 铜合金材料技术,实现了国产化替代^[7];在纺织结构材料方面,中国的碳纤维发展迅速,中复神鹰碳纤维有限责任公司是世界上第 3 个实现高性能干喷湿纺碳纤维产业化的企业,开发的 SYT55 高强中模碳纤维的性能指标达到国际先进水平^[8]。

关键战略材料是国家重大工程和战略性新兴产业

表2 3类新材料的定义与种类

内容	先进基础材料	关键战略材料	前沿新材料
定义	发展中国制造业所需的量大面广、关系国计民生以及一些高端装备所需的新材料	对保障中国国防实力、经济社会全局和长远发展有重大引领作用的新材料	新出现或正在发展中的、具有传统材料所不具有的优异性能的材料
种类	主要包括基础零部件用钢、高性能海工用钢等先进钢铁材料, 高强铝合金、高强度钛合金、镁合金等先进有色金属材料, 高端聚烯烃、特种合成橡胶等先进化工材料, 先进建筑材料、先进轻纺材料等	主要包括高端装备用特种合金、高性能分离膜材料、高性能纤维及复合材料、稀土功能材料、宽禁带半导体材料、新型显示材料、新型能源材料、生物医用材料等	主要包括石墨烯、金属及高分子增材制造材料, 形状记忆合金、自修复材料、智能仿生与超材料, 液态金属、新型低温超导及低成本高温超导材料等
特征	(1) 市场竞争程度高; (2) 渐进式创新为主	(1) 价值高、应用领域关键; (2) 生态依赖性强	不确定性程度高
存在问题	有材不好用	无材可用、有材不敢用	无材可用
创新路径	“竞争力提升”路径: (1) 价值链攀升;(2) 构筑国际竞争优势	“自主可控”路径: (1) 创新突破;(2) 国产化替代	“抢先卡位”路径: (1) 原始创新能力提升;(2) 商业化应用

产业需要的关键保障材料,具有价值高、应用领域关键等特点。中国的稀土功能材料、生物医用材料和新型显示材料发展迅速,具备了一定的市场竞争优势。中国关键战略材料产业链体系完整,产业集群化发展态势明显。以稀土功能材料为例,中国已经构建了涵盖从选矿、冶炼分离、稀土金属和氧化物生产、稀土新材料等全产业链的创新体系;其中,宁波稀土磁性材料产量占全国的40%,在稀土磁性材料、化工新材料领域处于国内领先水平,成为具有国内影响力的产业集群^[8]。此外,中国关键战略材料创新进步快,技术能力稳步提升,国产化趋势明显。以新型储能材料为例,湖南杉杉能源科技股份有限公司、宁波容百新能源科技股份有限公司等正极材料已位于世界领先地位,上海杉杉科技有限公司、江西紫宸科技有限公司等在负极材料的研发和产业化方面已位于世界领先地位,广州天赐高新材料股份有限公司、新宙邦科技股份有限公司等电解液生产企业在研发和产业化方面已位于世界前列,星源材质科技股份有限公司等企业在隔膜技术取得了重要突破。

前沿新材料是引领先进制造业未来发展,需要提前布局的新材料,具有先导性和颠覆性等技术特

征。通过政府的超前布局,中国已经在石墨烯材料、增材制造材料、极端环境材料等前沿新材料领域具备了一定的领先地位。以石墨烯材料技术为例,中国石墨烯技术材料专利数量处于全球第一梯队;美国石墨烯技术申请数量位居全球第2位,韩国石墨烯技术申请量位于全球第3位^[9]。从关键技术质量来看,在十大高质量专利中,中国拥有4项高质量专利,主要分布在纳米技术与纳米薄膜技术领域,美国拥有5项高质量专利,涵盖纳米技术、车用复合材料技术、锂电池电极技术等在内的6项关键技术^[10]。

2.2 中国新材料创新发展存在的问题

中国在先进基础材料、关键战略材料、前沿新材料3类新材料中存在问题也具有差异性,主要体现在以下方面。

中国先进基础材料存在低端产能过剩、高端供给不足以及“有材不好用”等问题。以先进钢铁材料为例,中国特殊钢产量占钢产量的比例约5%~8%,高端的不锈钢、耐热钢、工模具钢、轴承钢、弹簧钢、齿轮钢等高度依赖进口。究其原因,一是世界级品牌较少,产品低价与同质化竞争严重,如中国通过自主研发突破了先进铜合金材料中的高强

高导铜合金材料,但由于品牌建设落后,导致中国相关企业陷入了低价同质化竞争。二是高品质产品生产稳定性亟待提高。如中国先进铜合金材料中的高精度弹性铜合金带材产品性能稳定性较弱、表明质量有待提升,导致需求市场接受程度不高;三是科技创新平台、服务平台及相关数据库建设较为滞后,难以为企业等市场主体的创新行为提供支撑^[7]。

中国关键战略材料受制于人的现象突出,产业链供应链安全问题依旧没有得到解决,面临“无材可用、有材不敢用”困境。如中国第五代通信技术(5G)已经处于全球领先地位,但射频器件和数字电路芯片等关键元器件所用的材料高度依赖进口;集成电路制造产业所需的关键材料90%以上受制于人。究其原因,一是中国尚未掌握基础性核心专利,如新型显示关键材料中共性技术专利主要由欧洲和美国企业掌控^[11];二是关键战略材料创新与开发具有长周期、高资本密度等特征,创新速度慢,导致相关国内企业的经营发展压力较大,只能低价竞争,被锁定在价值链中低端,以OLED(organic light-emitting diode)显示领域为例,中国的OLED材料生产企业主要生产供应OLED材料的中间体和粗品,成为发达国家OLED材料公司的原材料供应商;三是发达国家对中国关键战略材料的围堵与打压,如中国的稀土功能材料面临以美国为首的发达国家的专利断供与应用替代等方式遏制^[12]。

中国前沿新材料面临技术落后于人,“无材可用”,错失技术革命窗口期的风险。究其原因,一是中国前沿新材料科技创新基础能力较弱,核心能力处于“跟跑”阶段。以深空探测领域前沿新材料为例,仅有超疏防尘材料等少数材料由中国推动发展,纳米气凝胶、玻璃纤维蜂窝填充酚醛树脂烧蚀材料、智能热控涂层等热管理材料等均由发达国家率先提出^[13]。二是科技成果转化率低。中国的前沿新材料技术创新主要由科研院所为主,企业参与较少,不利于前沿新材料技术的成果转化^[10]。三是科研资源分散且重复建设。由于前沿新材料产业代表了新一轮科技革命与产业变革方向,中国的地方政府与龙头企业都想抢占前沿新材料产业的发展先机,出现了重复布局与重复投入现象^[14]。

3 中国新材料创新突破的路径

中国新材料创新突破路径设计的总体思路为面向国家制造强国战略,立足于新材料产业发展趋势和产业基础,以提升自主创新能力为核心,以突破一批“卡脖子”关键新材料、抢占一批制高点材料技术为重点,结合3类新材料创新的特征,分类设计先进基础材料、关键战略新材料、前沿新材料的创新突破路径,为中国建成具有全球影响力的材料强国提供指引。

3.1 先进基础材料“竞争力提升”路径设计

针对中国先进基础材料参差不齐与产能过剩问题,结合先进基础材料渐进式技术创新与量大面广特征,设计了中国先进基础材料应“竞争力提升”创新突破路径,通过推动先进基础材料价值链升级、技术能力赶超,培育先进基础材料国际知名品牌,提升全球化运营能力,塑造国际竞争优势。

一是推动先进基础材料企业向价值链中高端攀升,增强价值获取能力。鼓励先进基础材料企业介入研发、设计、规划等产业链上游环节,引导先进基础材料企业加大营销管理、品牌管理及延伸服务等产业链下游环节的投入力度,增强先进基础材料企业技术研发与运营管理能力,占据价值链高增值环节;推动先进基础材料龙头企业主动嵌入国际创新合作网络,建立“全球管道—知识获取—本地溢出”机制,对全球先进基础材料前沿知识进行本地化转译、本地化扩散和本地化改造;支持先进基础材料中小微企业走“专精特新”道路,鼓励先进基础材料企业通过相互持股、签订战略合作协议等方式与下游整机企业建立合作研发模式,发挥整机企业在获取市场、产品、需求、客户等信息和知识的比较优势,推动产业链供应链知识流动和优势互补,提升先进基础材料企业技术创新效率和实现技术创新能力赶超,增强先进基础材料企业价值获取能力。

二是培育先进基础材料国际知名品牌和全球化运营能力,提升国际竞争力。加大先进基础材料产业链延链补链政策支持力度,推动有实力的材料企业围绕企业核心基础材料产品进行多元化布局,实现谱系化发展;支持材料企业品牌创建活动,推

动先进基础材料企业由原始设备生产商向原始设计制造商、原始品牌制造商转变。鼓励材料企业“走出去”，整合全球研发、设计、生产、销售、服务等资源，逐步积累全球化管理经验，提升全球运营能力；支持材料企业借助中国市场优势、政策红利优势，开展国际合作谈判，逐步成为某一领域规则的核心参与者，推动中国先进基础材料企业由全球价值链网络边缘位置向中心位置跃迁，掌握国际规则的主导权。

3.2 关键战略材料“自主可控”路径设计

针对中国关键战略材料面临的“卡脖子”困境，结合关键战略材料生态依赖性高特征，设计了中国关键战略材料“自主可控”创新突破路径，通过“研用并举”，推动关键战略材料创新突破与国产替代。

一是完善创新生态，推动关键战略材料技术创新突破。构建与完善“主机企业牵引+材料企业集聚”的创新生态系统，建立资源共享、风险共担、投入共担、利润共享的主配协同创新机制，推动主机企业与材料企业由独自研发模式转向主机企业与材料企业联合研发；培育和壮大行业协会、社会组织等产业组织者，发挥其在资源整合、要素调配方面的优势，集聚“政产学研用”等多元主体，强化产业链与创新链耦合，形成关键战略材料“创新联合体”；针对关系到中国国家安全及与国家重大需求相关的关键战略新材料，建立政府引导的新型举国体制，利用国家战略科技力量和企业等市场力量，构建结构合理、功能完善的国家创新体系，实施重大科技攻关计划，推行“揭榜挂帅”体制机制，推动关键战略材料创新突破。组织关键战略材料装备生产企业与材料生产企业开展联合攻关，加快增材制造、晶体生长、气相沉积、表面处理、等静压、分离纯化等先进工艺技术与专用核心装备开发，实现材料生产关键工艺装备配套保障。

二是完善应用生态，推动关键战略材料国产化替代。制定关键战略材料强制性标准，实行关键战略材料资质许可制度，并进行动态调整，持续倒逼材料企业等主体提升关键战略材料性能与材料就绪度；在全国范围内推行关键战略材料试点示范，鼓励行业协会等中介组织开展关键战略材料生产商与应用商的对接活动，宣传国产关键战略材料性

能的优越性与可靠性，增强下游厂商对国产关键战略材料的信任度；制定关键战略材料国产化替代清单，对清单内的材料进行应用补贴，降低下游运用商国产化替代的转化成本；鼓励国有企业、链主企业对国产关键战略材料先行先试，加强关键战略材料首批应用保险制度实施力度，为关键战略材料开辟利基市场。

3.3 前沿新材料“抢先卡位”路径设计

针对中国前沿新材料有待突破的现实问题，结合前沿新材料技术处于孕育兴起阶段的背景，设计了中国前沿新材料“抢先卡位”创新突破路径，通过构筑知识优势，加强前沿新材料应用标准建设，提升原始创新能力与成果转化效率^[5]，实现前沿新材料国际领先。

一是构建开放型技术创新体系，提升前沿新材料原始创新能力。鼓励高校、研究机构与龙头企业共建3D打印用材料、超导材料、智能仿生材料、石墨烯等前沿新材料基础研究平台，针对前沿新材料基础科学知识、产业共性技术展开研究；鼓励地方政府加大前沿新材料基础研究投入力度，支持地方政府主动引进前沿新材料全球跨国企业、具有全球影响力的研发中心，为全球跨国企业、研发中心与本地企业、研发中心合作提供土地、资金、人才等支持，对全球跨国企业、研发中心购买的重大科研设备给予税收优惠；鼓励本国前沿新材料龙头企业与大型研发中心进行全球化布局，积极引进海外前沿新材料战略科学家，为海外战略科学家的科学知识本地化扩散提供全方位支持。

二是加强前沿新材料应用标准建设，提升技术成果转化率。前沿新材料技术不确定性高，需要在特定市场或场景验证后逐步实现规模化发展。因此，鼓励前沿新材料企业根据市场竞争程度、未来市场需求、自身技术实力等因素，选择特定细分市场进行商业化应用，打造最小可行性产品。强化前沿新材料行业应用标准制定，鼓励科研院所与前沿新材料龙头企业通过构建创新合作联盟、技术授权等形式，将本地区的行业标准拓展成国家标准、国际标准，锁定前沿新材料产业技术轨道，占据全球领先地位。

4 新材料创新突破的政策及保障措施

4.1 完善新材料产业创新生态系统

一是加强新材料产业链建设。探索实施新材料产业链建设链长制,系统推进新材料产业链建链、补链、固链等工程,打通新材料产业链中断点、堵点,提升新材料产业链的现代化水平。二是加强新材料创新链建设。加强国家战略科技力量建设,鼓励成立新材料产业新型研发机构,支持大院大所、大型央企等科研院所及有实力的链主企业牵头组建新材料技术创新联盟与主持新材料国家重大专项,推动新材料产业原始创新能力的提升。三是加强新材料产业服务链建设。推动实施科技创新服务链调查行动,全面摸清中国新材料产业的技术转移、成果转化、知识产权、科技中介、检验检测、市场开发等各类科技服务机构建设现状,识别中国科技创新服务链中的断点、卡点、堵点及薄弱环节,在财税政策、金融政策、试点示范、市场准入制度等政策方面给予特殊支持。

4.2 强化新材料产业创新方向引导

一是加强新材料创新预测工作。建议以中国科技部为牵头单位,成立新材料技术预见指导机构,定期开展包括新材料科技发展趋势分析、关键核心技术选定、技术预见报告发布在内的战略研究,定期发布中国新材料技术创新突破的技术清单、路线图与时间表。二是构建完善新材料安全预警机制。支持研发新材料安全预警监测平台,梳理中国新材料优势领域和卡脖子领域,建立整机企业与材料企业协同创新清单、产学研创新合作清单等,通过清单式管理提升精准分析和分级管理能力。三是制定新材料产业竞争力指数并持续跟踪调查。建立新材料产业发展评价体系,构建新材料产业发展模型,制定具有科学性、可量化、可操作的新材料产业评价体系,定期制定与发布新材料发展指数。

4.3 建设新材料产业新型创新基础设施

一是加强创新平台建设。支持行业龙头企业整合上下游创新资源,牵头设立新材料基因组实验

室、新材料基因技术研究平台、新材料创新联合体,建设若干个国家制造业创新中心、新材料技术创新中心和工程研究中心,提升产业基础工程技术创新与产业化应用能力。二是构建新材料行业知识服务系统。利用中国和地方制造业专项基金,引导国家图书馆等机构建设新材料分馆或示范区,收集与整理新材料标准与专利、基金项目、成果奖励、专家等海量数据资源,构建新材料行业知识服务系统。三是完善新材料测试、表征、评价基础设施建设。鼓励中国有条件的科研机构、龙头企业或第三方服务机构构建新材料测试评价体系及建立国家级新材料测试评价平台,为中小企业提供新材料测试评价服务,提升中国新材料测试评价水平。四是建立新材料标准供给体系。制定新材料标准领航行动计划,鼓励中国新材料行业协会、新型研发机构、新材料龙头企业积极参与国际、国家新材料产业标准的制定,建立支撑新材料产业高质量发展的标准体系,加大新材料标准的有效供给,充分发挥标准化对新材料产业发展和质量变革的引领作用。

4.4 构建可持续的创新保障体系

一是建立多层次的人才引进和培养体系。建立新材料“卡脖子”技术人才需求清单,面向国内外引进高层次人才和团队;鼓励科研院所开设材料科学、计算科学、大数据管理等新材料相关专业及加大技术人才培养力度;支持中国职业院校(含技工院校)建设新材料人才技能实训基地,培养新材料产业发展亟需的技能型人才。二是鼓励新材料人才交流。利用国际科技合作重点研发计划、基金委国际合作项目支持本国科学家与海外科学家展开新材料创新合作研究;利用国家、省市财政资金支持本国具有基础、有实力地区积极举办新材料产业国际会议,吸引全球优质的人才、资金、知识、信息等资源本地化聚焦;鼓励新材料科研院所、企业主动赴海外进行交流学习,学习国外先进技术知识。三是推动新材料公共数据共享共用。构建新材料公共数据库、数据云,鼓励科研院所、国有企业将基础研究数据上传到新材料公共数据库与数据云,实现数据的共享共用。

5 结论

在借鉴美国、日本、欧盟等材料强国的发展经验的基础上,分类探讨中国新材料产业发展的现状与问题,设计了中国新材料技术创新发展路径,并提出政策保障措施。主要研究结论如下。

1) 总结了美国、欧盟与日本新材料创新突破经验。其中,美国主要通过构建国家实验室体系、推行材料研发技术变革和实施军民融合战略措施促进新材料创新突破;欧盟主要通过制定新材料战略发展规划、集中配置创新资源、组建区域型中介组织等措施实现新材料的创新突破;日本主要采取开展新材料技术趋势预测,打造“官产学”的研发应用一体化模式来促进新材料的创新突破。

2) 探析了中国3类新材料产业发展现状与问题。其中,中国先进基础材料总体上处于优势地位,产量和规模都已经达到全球前列水平,部分先进基础材料的研发与应用技术已经达到或接近国际水平,但存在低端产能过剩、高端供给不足及“有材不好用”等问题;中国关键战略材料产业链体系完整,产业集群化发展态势明显,但关键战略材料受制于人的现象依旧存在,产业链供应链安全问题依旧没有得到解决;中国已经在部分前沿新材料领域具备了一定的领先地位,但依旧面临前沿新材料技术落后于人,错失技术革命窗口期的风险。

3) 分类设计了中国3类新材料产业创新突破路径。其中,中国先进基础材料应走“竞争力提升”创新突破路径,通过推动先进基础材料价值链升级及企业技术能力赶超,培育先进基础材料国际知名品牌和全球化运营与治理能力,塑造国际竞争优势;关键战略材料应走“自主可控”创新突破路径,通过构建关键战略材料“研用并举”生态系统,推动关键战略材料创新突破与国产化替;前沿新材料应走“抢先卡位”创新突破路径,构筑知识优势,加强前沿新材料应用标准建设,提升原始创新能力,提升成果转化效率,实现前沿新材料国际领先。

4) 进一步从完善新材料产业创新系统、引导新材料产业创新方向、建设新材料产业新型创新基

础设施、构建可持续的创新保障体系等方面提出了政策建议。

参考文献(References)

- [1] 王昶, 耿红军, 宋慧玲, 等. 智能制造关键新材料创新突破的研究框架与主要议题[J]. 资源科学, 2019, 41(1): 53-62.
- [2] 王昶, 宋慧玲, 耿红军, 等. 关键新材料创新突破的研究回顾与展望[J]. 资源科学, 2019, 41(2): 207-218.
- [3] 蒋金华, 陈南梁, 钱晓明, 等. 产业用纺织先进基础材料进展与对策[J]. 中国工程科学, 2020, 22(5): 51-59.
- [4] Stephan A, Schmidt T S, Bening C R, et al. The sectoral configuration of technological innovation systems: Patterns of knowledge development and diffusion in the lithium-ion battery technology in Japan[J]. Research Policy, 2017, 46(4): 709-723.
- [5] Maine E, Seegopaul P. Accelerating advanced-materials commercialization[J]. Nature Materials, 2016, 15(5): 487-491.
- [6] 谢曼, 干勇, 王慧. 面向2035的新材料强国战略研究[J]. 中国工程科学, 2020, 22(5): 1-9.
- [7] 姜业欣, 姜花芬, 解浩峰, 等. 先进铜合金材料发展现状与展望[J]. 中国工程科学, 2020, 22(5): 84-92.
- [8] 曾昆, 李晓芃, 沈紫云, 等. 我国新材料产业集群发展战略研究[J]. 中国科学院院刊, 2022, 37(3): 343-351.
- [9] Yang C, Huang C, Su J. An improved SAO network-based method for technology trend analysis: A case study of graphene[J]. Journal of Informetrics, 2018, 12(1): 271-286.
- [10] Wang C, Geng H, Sun R, et al. Technological potential analysis and vacant technology forecasting in the graphene field based on the patent data mining[J]. Resour Policy, 2022, 77: 102636.
- [11] 高伟男, 毕勇, 刘新厚, 等. 我国新型显示关键材料发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2020, 22(5): 44-50.
- [12] 朱明刚, 孙旭, 刘荣辉, 等. 稀土功能材料2035发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2020, 22(5): 37-43.
- [13] 刘雪峰, 刘昌胜, 谢建新. 提升前沿新材料产业基础能力战略研究[J]. 中国工程科学, 2022, 24(2): 29-37.
- [14] 干勇, 谢曼, 廉海强, 等. 先进制造业集群现代科技支撑体系建设研究[J]. 中国工程科学, 2022, 24(2): 22-28.
- [15] Xiao X, Li Y, Liu Z. Graphene commercialization[J]. Nature Materials, 2016, 15(7): 697-698.

Path and policy for China's advanced materials innovative breakthrough

WANG Chang, ZHOU Siyuan, GENG Hongjun*

Business School, Central South University, Changsha 410083, China

Abstract Advanced materials are the cornerstone and precursor of the future development of high-tech industries. Precisely designing the path and policy of innovation and breakthrough for advanced materials is an inevitable requirement for China to achieve the strategic goal of manufacturing power. By analyzing the innovation experiences of advanced material technology in the US, Japan and European Union, this paper discusses the current situation and problems of advanced basic materials, critical strategic materials and frontier advanced materials industry in China. Based on these findings and the development of advanced materials, three paths are respectively designed for different types of advanced materials: 1) "competitiveness enhancement" for advanced basic materials; 2) "independent and controllable" for critical strategic materials; 3) "pre-emptive deployment" for frontier advanced materials. At last, policy suggestions are provided from aspects such as perfecting innovation system of advanced material industry, guiding innovation direction of advanced material industry, constructing advanced innovation infrastructure of advanced material industry, and constructing sustainable innovation supporting system.

Keywords advanced materials; innovative breakthrough; policy ●



(责任编辑 刘志远)