

新材料成高技术竞争关键领域

我国已形成全球门类最齐全、规模第一的材料产业体系

智库圆桌 (第29期·总148期)

新材料产业是战略性、基础性产业,也是高技术竞争的关键领域。2012年以来,我国新材料产业在创新能力、产业规模、集聚效应等方面取得了长足进步,形成了全球门类最齐全、规模第一的材料产业体系。“十四五”规划纲要对新材料产业发展作出了科学部署。本期邀请专家围绕相关问题进行研讨。

我国新材料自主创新步伐加快

什么是新材料?我国新材料产业发展现状如何?

唐广波(中国产业基础能力发展战略研究院首席专家、咨询研究部主任):新材料是指新出现的具有优异性能和特殊功能的材料,以及传统材料在成分、工艺改进后性能明显提高或产生新功能新材料。前者如石墨烯,2004年首次从石墨中分离得到,是目前世界上已知最薄的材料,强度比最好的钢高100多倍,同时导电、导热性能优异,具有广泛应用前景。后者如铜合金,目前通过成分和工艺的不断改进,不断提高某方面性能或产生新功能,在信息、能源、高端制造等关键领域得到新的应用。新材料的范畴随着科技发展、科技进步、产业升级发生变化。

我国新材料研发和应用发端于国防科技工业领域。以高温合金为例,我国高温合金起步于1956年,最初是为战机研制喷气式发动机材料,历经60多年发展,从无到有、从跟踪仿制到自主研发、从以军用为主到军民两用,逐步建立了自主的高温合金材料体系,既保障了航空领域的高端应用需求,也支撑了航天、核工程、能源动力、石化化工、冶金等领域的广泛应用需求。碳纤维、特种玻璃、功能陶瓷、功率半导体等发展历程也与之类似,都是从军用逐步扩展到民用。近年来,这种态势有所改变,特别是在一些市场化程度较高的领域,某些新材料或在民用领域优先发展。

与发达国家相比,我国新材料技术与产业起步较晚。2010年《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》发布,首次将新材料作为一个独立的产业培育。“十三五”规划纲要、“十四五”规划纲要都把新材料作为战略性新兴产业予以重点支持,《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》《新材料产业发展指南》等文件,明确了新材料产业的发展目标方向、重点任务和政策措施。2016年国家新材料产业发展领导小组成立,统筹推进产业发展重点工作。2017年国家新材料产业发展专家咨询委员会成立,加强产业发展决策咨询。一系列政策措施加力提效,对新材料产业高质量发展起到了积极推进作用。

党的十八大以来,我国新材料产业发展取得了长足进步,跻身全球第二梯队前列,朝着新材料强国迈进。一是发展质量不断提升。产业规模快速增长的同时,产业结构持续优化。从市场规模看,我国新材料产业总产值由2010年的0.65万亿元提高到2022年的6.8万亿元。稀土功能材料、先进储能材料、光伏材料、有机硅、超硬材料、特种不锈钢、玻璃纤维及其复合材料等新材料产能居世界前列,占全球市场份额50%以上。从品种结构看,高性能碳纤维、高品质特殊钢、高强轻合金、特种橡胶等曾经大量依赖进口的新材料实现规模化生产;光刻胶、电子特气等新材料研制生产进程加快,产业链供应链韧性和安全水平明显提升。从经营主体来看,

培养了一大批龙头企业和专精特新中小企业,带动整个产业向高端化、智能化、绿色化发展。

二是创新能力持续增强。以企业为主体、市场为导向、产学研用结合的新材料创新体系不断完善。创新平台载体方面,拥有国家重点实验室60余个,国家工程技术研究中心80余个,材料及领域国家级创新中心10余个,以及包括生产应用示范平台、测试评价平台、资源共享平台在内的国家新材料重点平台32个,材料领域国家实验室已启动建设。创新人才队伍方面,研究领域与材料直接相关的两院院士超过200人,科技人员超过150万人。创新基础设施方面,同步辐射装置、软X射线自由电子激光装置、综合极端条件实验装置、散裂中子源、纳米真空互联实验站等大科学装置已建成或正在建设。创新成果产出方面,超材料、超导材料、石墨烯、液态金属等材料研制取得重大进展,部分新材料研发与应用实现了与国际先进水平“并跑”甚至“领跑”。

三是集聚效应不断增强。产业加速集聚,并逐步形成特色产业集群。在京津冀地区,电子信息材料、生物医用材料、纳米材料、超导材料等新材料在全国具有较强竞争优势和特色,产业集聚态势明显;在长江三角洲地区,形成了浙江东阳、宁波、海宁磁性材料特色产业区,杭州湾精细化工特色产业集聚区,以及江苏沿江新材料产业带;在粤港澳大湾区,形成了新型显示材料、无机材料、改性塑料、新型电池、高性能涂料产业集群。

全球新材料需求更加多元

从世界范围看,新材料产业呈现怎样的发展趋势?

刘庆(长三角国家技术创新中心主任、长三角先进材料研究院执行院长):当前新一轮科技革命和产业革命深入发展,对全球竞争格局产生深刻影响。新材料、信息技术和生物技术被列为新技术革命的重要标志,其中新材料是支撑战略性新兴产业和重大工程不可或缺的物质基础,对促进技术创新和提升产业核心竞争力具有重要意义。新材料产业的发展水平成为衡量一个国家经济社会发展、科技进步和国防实力的重要标志。

全球主要国家均高度重视新材料的研究和开发,纷纷出台了一系列战略和政策,同时高新技术的发展也促使新材料产品不断更新换代,近年来全球新材料产业发展迅速,产业规模不断扩大。据统计,全球新材料产业总产值从2016年约2万亿美元增长至2020年近3万亿美元。从产业构成来看,先进基础材料、关键战略材料、前沿新材料分别约占50%、40%、10%。随着汽车、医疗器械、信息和航空航天等重要产业持续发展,新材料的需求和产业产值预计保持快速增长态势。

从全球竞争格局来看,西方发达国家普遍在新材料及支撑体系上长期布局,拥有大部分大型跨国公司,因此在科技、人才、研发以及市场等方面占据绝对优势,位于第一梯队。中国、俄罗斯、韩国等国的新材料产业整体处于快速发展期,并在部分领域形成自身优势,位于第二梯队。第三梯队是巴西、印度等新兴市场经济体。随着世界经济格局变化,新材料产业的市场及技术配置方式也将随之发生变化,预计地区差异化将加剧。

从产业结构来看,随着经济一体化以及工业技术上各类元器件向微型化、集成化发展,材料与元器件一体化趋势明显,新材料上下游产业紧密融合,逐渐呈现产业结构垂直扩散趋势,并向集约化发展。产业向集约化发展,一方面有利于产品研发与下游应用融合,但另一方面也导致寡头垄断出现。大型跨国企业凭借其在技术、人才、市场等方面的优势,建立技术和专利壁垒,主导高技术含量和高附加值的新材料产品领域,通过跨国合作、并购重组构建整个产业链生态。

从世界范围看,新材料产业也呈现出新的发展趋势。一是随着行业细化,对新材料的需求更加多元化。例如,汽车工业需要使用轻量化、高强度的新材料,航空航天需要使用耐高温、抗腐蚀的新材料。同时,新材料产业的集

成化也越来越明显,新材料与先进制造技术、数字化技术、生物技术、新能源技术等深度融合,形成复合新材料和智能材料,开发新产品和新应用。

二是随着减少碳排放、推进“双碳”目标应对气候变化逐步成为全球共识,新材料产业必然选择绿色化和可持续发展。例如,新型生物基和可降解材料可替代传统石油基塑料,减少环境污染;光伏电池和燃料电池等新能源可替代传统化石能源,减少碳排放。

三是材料研发范式和手段发生深刻变革。人工智能和大数据技术的快速突破影响着材料的研发范式,使其从传统“试错式”进入“数据驱动”的第四范式。高时空分辨率的精细表征、数字化及超精密加工技术的高速发展,极大地缩短了新材料的设计、研发、制造加工及应用周期。美国提出的“材料基因组计划”和欧洲提出的“集成计算材料工程”,为材料全生命周期研发带来了从模式到共性关键技术的重大变革,极大缩短研发周期并降低了研发成本。美国QuesTek公司利用系统化集成的大数据材料开发技术研发出了新型抗疲劳合金材料,性能赶超上一代的同时研发周期缩短一半以上,并应用于美国军机。

近年来西方国家相继发布相关产业政策,重点推进关键新材料创新突破,以期掌握未来产业发展的主导权。例如,美国先后制定了《宽禁带半导体技术计划》《材料基因组计划》《纳米技术研究计划》等多项涉及新材料的战略发展计划,2014年以来欧盟启动了《欧盟地平线计划》《石墨烯旗舰计划》支持新材料的研究和创新。此外,日本《2020年日本工业技术展望报告》、英国《工业2050战略》、德国《工业4.0战略》、韩国《第三次科学技术基本计划》等一系列发展计划都将新材料产业发展和研发投入列为核心领域之一。

长期以来,我国在材料科学技术与工程领域进行了规划部署。面对国际新材料产业发展的新趋势,我国在新材料领域进一步加强布局与政策引导。《“十三五”国家科技创新规划》将“重点新材料研发及应用”作为面向2030年体现国家战略意图的重大科技项目之一;2017年重点新材料首批次应用保险补偿机制试点启动,目前已布局生产应用示范、测试评价、资源共享3类32个新材料重点平台。与此同时,提升原始创新能力以赢得未来发展主导权也成为材料领域布局的重点。例如,经中央批准设立的苏州实验室,目前已集聚了一批新材料领域优势科研力量,着力推进材料领域战略性、前瞻性、基础性研究工作。



全球新一轮产业分工和贸易格局加速变革,我国新材料产业面临怎样的发展机遇?

肖劲松(中国电子信息产业发展研究院材料工业研究所所长):全球新一轮科技革命和产业革命不断深入,为我国新材料产业注入了新动力。信息技术、制造技术、能源技术、材料技术、生物技术协同应用,使得新技术、新业态、新产业层出不穷,一批标志性通用技术(数字化制造、5G、大数据、增材制造、区块链等)涌现并向各产业领域渗透。新材料与这些新技术、新业态、新产业高度融合,为产业发展提供了广阔的市场空间。随着全球高新技术产业快速发展和制造业不断升级,新材料的产品、技术、模式不断更新,应用领域不断拓展,市场需求旺盛,产业规模持续增长。全球新材料产业每年以10%以上速度增长,已成为最具发展潜力的高技术产业之一,我国新材料产业每年增速在20%左右。随着新能源、新一代信息技术、航空航天产业崛起,“重点新材料研发及应用”作为面向2030年体现国家战略意图的重大科技项目之一;2017年重点新材料首批次应用保险补偿机制试点启动,目前已布局生产应用示范、测试评价、资源共享3类32个新材料重点平台。与此同时,提升原始创新能力以赢得未来发展主导权也成为材料领域布局的重点。例如,经中央批准设立的苏州实验室,目前已集聚了一批新材料领域优势科研力量,着力推进材料领域战略性、前瞻性、基础性研究工作。

“双碳”目标的驱动,为新材料产业发展提供了新增长点。传统产业转型升级离不开新材料的支撑,如轻量化材料、生物基材料、节能环保材料等。新材料自身发展也更加重视节能低碳发展,从材料的研发设计、

院士建言

关注半导体材料

12英寸产品已开发正推进规模化应用,主要企业包括英飞凌、安森美、意法半导体、松下等。

从国际技术发展水平来看,碳化硅方面,8英寸衬底开始产业化,车规级功率器件是当前开发重点,多家厂商已推出大功率模组及高温封装产品,碳化硅器件正向耐受更高电压、更高电流密度、更低导通压降、更高开关频率方向发展。目前商业化SiC MOSFET产品电压集中在650V、1200V、1700V,部分新品耐压等级已提高至2000V,越来越多应用于牵引主逆变器、车载充电机以及高低压DC-DC转换器中。氮化镓方面,国际上已制备出6英寸单晶衬底,功率器件向小型化、高功率密度、耐辐照方向发展,耐压1200V的商业化产品和垂直型功率器件已实现小批量供货。以氮化镓射频为例,2022年美国Integra公司宣布100V氮化镓射频器件开始出货,意法半导体和美国Macom公司已生产出砷化镓毫米波产品。

从装备和辅材发展来看,一方面,8英寸碳化硅设备有望带动产业链成本下降。2022年德国爱思强股份有限公司发布8英寸碳化硅外延设备,相比竞争对手有10%至15%的成本优势,预计2023年推动成本下降25%。另一方面,耐高温材料、高效散热材料开发速度加快。日本田村公司已开发用于第三代半导体器件的无焊料材料接合材料,计划2023年实现量产。

面对不稳定不确定的外部环境,第三代半导体始终保持高速发展态势。以车用为首的下游市场将进入高速增长期,上游晶圆供不应求,未来几年8英寸技术将推动产品性能不断提升,成本逐步下降,国产材料和芯片在客户端的认可度不断提高。

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,我国新材料产业发展面临新的战略机遇。第三代半导体产业需抓住市场需求爆发及国产化替代机遇,利用好我国超大规模市场优势,继续突破材料和器件关键技术、完善标准体系、推动国产替代应用、强化人才培育和引进,构建要素齐全、创新活跃、开放协同的产业生态。同时,不断优化资源配置,切实提升产业链供应链韧性和安全水平,全面提升产业体系现代化水平,逐步培育出龙头企业和创新型企业群,引领行业高质量发展,支撑国家“双碳”战略实施。

(作者系中国工程院院士)

新材料产业“加速跑”正当时

生产应用到回收再利用都高度注重绿色化,不断突破材料品质、装备等方面的应用极限,带动产业高质量发展。新材料产业与“双碳”目标的结合成为新的增长热点,生物基材料、生物制造等非化石原料的材料和材料制备技术不断涌现,清洁可再生能源或化石能源的洁净利用等,有效推动了制造业的绿色转型。

在全球产业链重构、消费升级和“双碳”战略推进的新形势下,我国新材料产业迎来了历史性发展机遇,但也面临着巨大挑战。一方面,面临来自世界各国的竞争压力。作为新一轮科技革命和产业变革的基石与先导,世界各国纷纷布局材料技术和新材料产业,抢占战略制高点。美国、日本、欧盟等主要发达国家和地区持续制定新材料产业发展战略,针对高温合金、碳纤维及复合材料、新型显示材料、新能源材料、第三代半导体材料、稀土新材料、石墨烯等新材料重点领域出台专项政策,进一步巩固其新材料技术和产业优势。韩国、巴西等新兴工业化国家在技术创新和产业培育方面加大力度,出台了一系列促进新材料产业发展的政策。另一方面,自身发展还存在诸多不足。虽然近年来我国新材料产业在产业规模、技术创新能力、推广应用、集群化发展等方面取得长足进步,但中低端产品过剩和高端产品不足的结构矛盾仍然突出。例如,部分高端材料、高性能产品对外依存度较高,产业链供应链存在断点、堵点;标准体系不健全,专利受制于人,高端人才匮乏;等等。

在全球新一轮产业分工和贸易格局加