

我国新材料产业发展战略研究

屠海令, 张世荣, 李腾飞
(北京有色金属研究总院, 北京 100088)

摘要: 新材料产业作为战略性新兴产业的重要组成部分, 其发展关系到国民经济、社会发展和国家安全。本文介绍了国内外新材料产业的发展现状, 指出了我国新材料产业发展存在的问题, 并提出了今后发展的重点方向和政策建议。

关键字: 新材料产业; 发展战略; 建议

中图分类号: TB3 **文献标识码:** A

Research on Development Strategies for China's Advanced Materials Industry

Tu Hailing, Zhang Shirong, Li Tengfei
(General Research Institute for Nonferrous Metals, Beijing 100088, China)

Abstract: As a sector of strategic emerging industries, the advanced materials industry is vital for the socioeconomic development and security of the country. This paper describes the current status of the advanced materials industry in China and abroad and discusses weakness of the related enterprises. Finally, we propose the major development directions and make suggestions on government policies for promoting the advanced materials industry.

Key words: advanced materials industry; development strategy; suggestion

一、前言

新材料是指新出现的具有优异性能和特殊功能的材料, 以及传统材料成分、工艺改进后性能明显提高或具有新功能的材料。融入了当代众多学科先进成果的新材料产业是支撑国民经济发展的基础产业, 是发展其他各类高技术产业的物质基础^[1]。

纵观历史, 新材料可以导致颠覆性技术的出现, 从而推动产业变革。如白光发光二极管(WLED)

的出现, 开辟了照明新纪元; 液晶屏替代阴极摄像管, 曾带来了显示革命^[2]; 现在有机发光二极管(OLED)^[3]、印刷显示、激光显示又将崛起, 可谓一代材料、一代器件、一代整机。经过多年努力, 我国新材料产业取得了重要成就, 技术水平日益提高, 产业规模不断扩大, 具有自主创新能力的新材料产业体系正在形成, 为我国以航空航天、轨道交通、信息、生物、新能源等为代表的高技术产业突破技术瓶颈、实现跨越发展提供了强有力的支撑。

收稿日期: 2016-05-25; 修回日期: 2016-06-28

作者简介: 屠海令, 北京有色金属研究总院, 名誉院长, 中国工程院院士, 研究方向为材料科学与工程; E-mail: tuhl@grinm.com

基金项目: 中国工程院重大咨询项目“‘十三五’战略性新兴产业培育与发展规划研究”(2014-ZD-7)

本刊网址: www.enginsci.cn

但总体上看,我国新材料产业的竞争力仍需加强,以企业为主体的自主创新体系亟待完善,部分核心关键材料受制于人,高端材料对外依存度依然较高。为此,抓紧机遇,合理规划,提升新材料产业的支撑能力势在必行,这对加快我国经济发展方式转变、增强国防军工实力、实现节能环保目标具有重要的战略意义。

二、国外新材料研发与产业发展现状

近几年,世界各国纷纷在新材料领域制定了相应的规划(见表1),全面加强研究开发,并在市场、产业环境等不同层面出台政策。美国于2009年、2011年和2015年三度发布《国家创新战略》,其中清洁能源、生物技术、纳米技术、空间技术、健康医疗等优先发展领域均涉及新材料;2012年

制定的《先进制造业国家战略计划》,进一步加大对材料科技创新的扶持力度。欧盟为实现经济复苏、消除发展痼疾、应对全球挑战,于2010年制定了《欧洲2020战略》,提出三大战略重点。德国政府发布了《创意、创新、繁荣:德国高技术2020战略》,其中“工业4.0”是十大未来项目中最为引人注目的课题之一。2013年英国推出《英国工业2050》,重点支持建设新能源、智能系统和材料化学等创新中心。日本于2010年发布了《新增长战略》和《信息技术发展计划》。韩国于2009年公布了《绿色增长国家战略及五年行动计划》和《新增长动力规划及发展战略》。巴西、印度、俄罗斯等新兴经济体采取重点赶超战略,在新能源材料、节能环保材料、纳米材料、生物材料、医疗和健康材料、信息材料等领域制定专门规划,力图在未来国际竞争中抢占一席之地。

表1 世界各国有关新材料领域的发展计划^[4]

国家或组织	发展计划	涉及新材料相关领域
美国	先进制造业国家战略计划、重整美国制造业政策框架、先进制造伙伴计划(AMP)、纳米技术签名倡议、国家生物经济蓝图、电动汽车国家创新计划(EV Everywhere)、“智慧地球”计划、大数据研究与开发计划、下一代照明计划(NGLI)、低成本宽禁带半导体晶体发展战略计划	新能源材料、生物与医药材料、环保材料、纳米材料,先进制造、新一代信息与网络技术和电动汽车相关材料,材料基因组,宽禁带半导体材料
欧盟	欧盟能源技术战略计划、能源2020战略、物联网战略研究路线图、欧洲2020战略、可持续增长创新、欧洲生物经济、“地平线2020”计划、彩虹计划、OLED100.EU计划、旗舰计划	低碳产业相关材料、信息技术(重点是物联网)相关材料、生物材料、石墨烯等
英国	低碳转型计划、英国可再生能源发展路线图、技术与创新中心计划、海洋产业增长战略、合成生物学路线图、英国工业2050	低碳产业相关材料、高附加值制造业相关材料、生物材料、海洋材料等
德国	能源战略2050:清洁可靠和经济的能源系统、高科技战略行动计划、2020高科技战略、生物经济2030国家研究战略、国家电动汽车发展规划、工业4.0	可再生能源材料、生物材料、电动汽车相关材料等
法国	环保改革路线图、未来十年投资计划、互联网:展望2030年	可再生能源材料、环保材料、信息材料、环保汽车相关材料等
日本	新增长战略、信息技术发展计划新国家能源战略、能源基本计划、创建最尖端IT国家宣言、下一代汽车计划、海洋基本计划	新能源材料、节能环保材料、信息材料、新型汽车相关材料等
韩国	新增长动力规划及发展战略、核能振兴综合计划、IT韩国未来战略、国家融合技术发展基本计划、第三次科学技术基本计划	可再生能源材料、信息材料、纳米材料等
俄罗斯	2030年前能源战略、2020年前科技发展、国家能源发展规划、到2020年生物技术的发展综合计划、2018年前信息技术产业发展规划、2025年前国家电子及无线电电子工业发展专项计划、2030年前科学技术发展优先方向	新能源材料、节能环保材料、纳米材料、生物材料、医疗和健康材料、信息材料等
巴西	低碳战略计划、2012—2015年国家科技与创新战略、科技创新行动计划	新能源材料,环保汽车、民用航空、现代生物农业等相关材料
印度	气候变化国家行动计划、国家太阳能计划、“十二五”规划(2012—2017年)、2013科学、技术与创新政策	新能源材料、生物材料等
南非	国家战略规划绿皮书、新工业政策行动计划、2030发展规划、综合资源规划	新能源材料、生物制药材料、航空航天相关材料等

在全球化趋势日益加快的背景下,新材料产业呈现以下主要特点和趋势。

(一) 高新技术发展促使材料不断更新换代

高新技术的快速发展对关键基础材料提出新的挑战和需求,同时材料更新换代又促进了高技术成果向生产力的转化。例如,微电子芯片集成度及信息处理速度大幅提高,成本不断降低,硅材料发挥了重要作用。目前,300 mm 硅片可满足 14 nm 技术节点的集成电路要求,450 mm 硅片已产出样片^[5]。全球硅材料技术和产量按直径的演化见图 1。低温共烧陶瓷技术(LTCC)的研发取得重要突破,大量无源电子元件整合于同一基板内已成为可能^[6]。伴随着先进材料研究技术的不断延展,也产生了诸多新兴产业。如氮化镓等化合物半导体材料的发展,催生了半导体照明技术;白光 LED 的光效已远远超过白炽灯和荧光灯,给照明工业带来革命性的变化。太阳能电池转换效率不断提高,极大地推动了新能源产业发展。镁合金与钛合金等高性能结构材料的加工技术取得突破,成本不断降低,研究与应用重点由航空、航天以及军工扩展到高附加值民用领域。基于分子和基因等临床诊断材料和器械的发展,使肝癌等重大疾病得以早日发现和治疗;介入器械的研发催生了微创和介入治疗技术,使心脏病及其他疾病的死亡率大幅下降^[7]。

(二) 绿色、低碳成为新材料发展的重要趋势

以新能源为代表的新兴产业崛起,引起电力、建筑、汽车、通讯等多个产业发生重大变革,拉动上游产业如风机制造、光伏组件、多晶硅等一系列制造业和资源加工业的发展,促进智能电网、电动汽车等输送与终端产品的开发和生产。欧美等发达国家已经通过立法,促进节能建筑和光伏发电建筑的发展,目前欧洲 80 % 的中空玻璃使用 LOW-E 玻璃,美国 LOW-E 中空玻璃普及率达 82 %^[8];光伏装机容量不断提高,图 2 为近年来全球光伏累计装机容量^[9]。通过提高新型结构材料强韧性、提高温度适应性、延长寿命以及材料的复合化设计可降低成本、提高质量,如 T800 碳纤维抗压强度(CAI)达到 350 MPa,使用温度达到 400 °C 以上并在大型飞机和导弹的主结构件中得到大量应用。功能材料向微型化、多功能化、模块集成化、智能化等方向发展以提升材料的性能;纳米技术与先进制造技术的融合将产生体积更小、集成度更高、更加智能化、功能更优异的产品。绿色、低碳的新材料技术及产业化将成为未来发展的主要方向,在追求经济目标的同时更加注重资源节约、环境保护、公共健康等社会目标。

(三) 跨国集团在新材料产业中仍占据主导地位

目前,世界著名企业集团凭借其技术研发、资

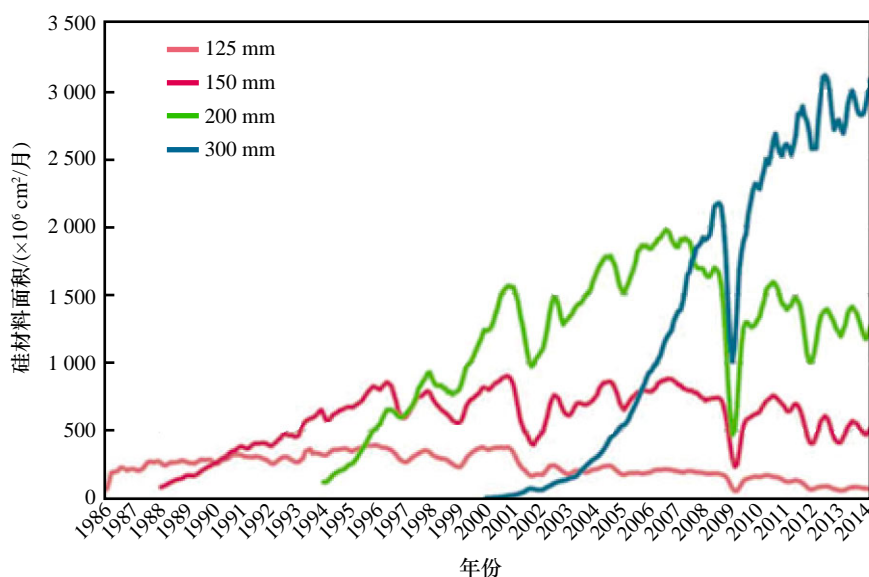


图 1 全球硅材料技术和产量按直径的演化

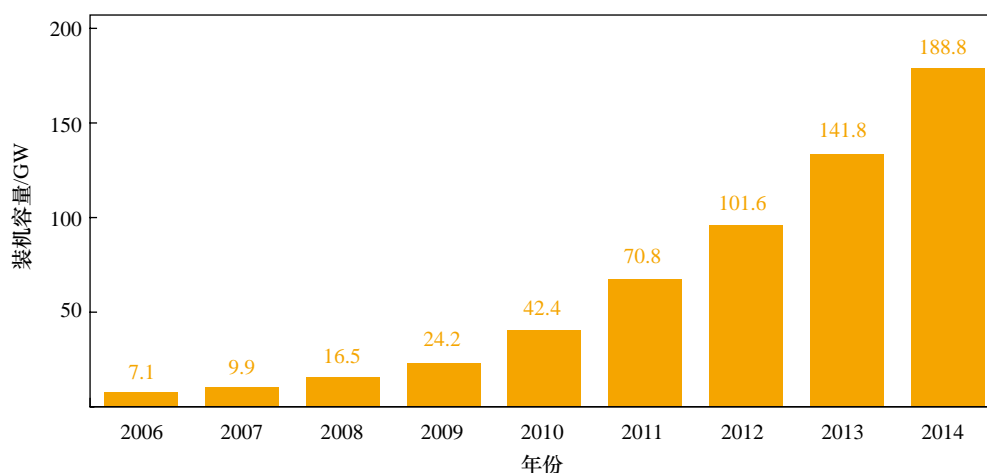


图2 2006—2014 年全球光伏累计装机容量 [9]

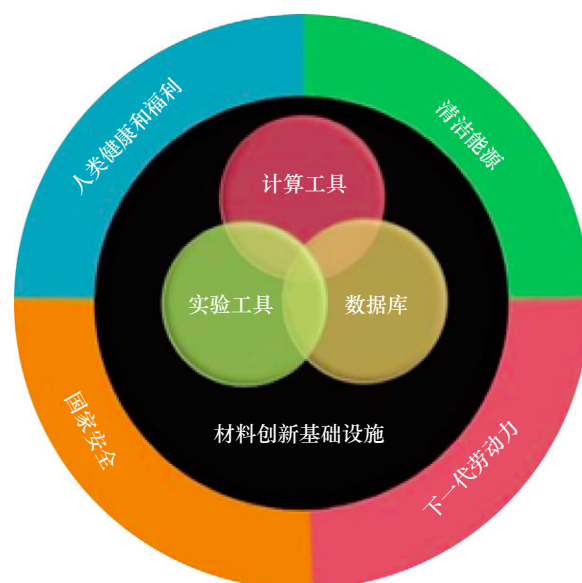
金和人才等优势不断向新材料领域拓展，在高附加值新材料产品中占据主导地位。信越、SUMCO、Siltronic、SunEdison 等企业占据国际半导体硅材料市场份额的 80 % 以上。半绝缘砷化镓市场 90 % 以上被日本的日立电工、住友电工、三菱化学和德国 FCM 所占有。Dow Chemical 公司、GE 公司、Wacker 公司和 Rhone-Poulenc 公司及日本一些公司基本控制了全球有机硅材料市场。Du Pont、Daikin、Hoechst、3M、Ausimont、ATO 和 ICI 等 7 家公司拥有全球 90 % 的有机氟材料生产能力。美国科锐 (Cree) 公司的碳化硅衬底制备技术具有很强市场竞争力，飞利浦 (Philips) 控股的美国 Lumileds 公司的功率型白光 LED 国际领先，美、日、德等国企业拥有 70 % LED 外延生长和芯片制备核心专利。小丝束碳纤维的制造基本被日本的东丽纤维公司、东邦公司、三菱公司和美国的 Hexel 公司所垄断，而大丝束碳纤维市场则几乎由美国的 Fortafil 公司、Zoltek 公司、Aldila 公司和德国的 SGL 公司 4 家所占据。美铝、德铝、法铝等世界先进企业在高强高韧铝合金材料的研制生产领域居世界主导地位。美国的 Timet、RMI 和 Allegen Teledyne 等三大钛生产企业的总产量占美国钛加工总量的 90 %，是世界航空级钛材的主要供应商。

(四) 新材料研发模式变革成为关注的重点

进入 21 世纪以来，发达国家逐渐意识到依赖于试错的传统材料研究方法已跟不上工业快速发展的步伐，甚至可能成为制约技术进步的瓶颈。因此，亟需革新材料研发方法，加速材料从研发到应

用的进程。例如，作为美国政府“先进制造伙伴计划”(AMP)的重要组成部分，2011 年启动的“材料基因组计划”(MGI)，其新材料从发现到应用的速度至少提高一倍，成本至少降低一半，旨在发展以先进材料为基础的高端制造业，并继续保持其在核心科技领域的优势^[10-12]，材料基因组要素见图 3。MGI 的具体内容包括：发展高通量计算工具和方法，减少耗时费力的实验，加快材料设计；发展和推广高通量材料制备和检测工具，更快地进行候选材料验证和筛选；发展和完善材料数据库/信息学工具，有效管理材料从发现到应用全过程数据链；培育开放、协作的新型合作模式。

在这场变革材料研发模式过程中，欧盟、日本



等也启动了类似的科学计划。例如，欧盟以轻量、高温、高温超导、磁性及热磁、热电和相变记忆存储等六类高性能材料需求为牵引，推出了“加速冶金学”(ACCMET)计划。

三、 我国新材料研发与产业发展现状

“十二五”以来，我国政府高度重视新材料产业的发展，随着《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》和《新材料产业“十二五”发展规划》等国家层面战略规划的出台，工信部、发改委等有关部委相继发布了新材料产业及其他战略性新兴产业的相关发展规划（见表2）。科技部发布了相关科技发展专项规划，其中绿色制造科技发展、半导体照明科技发展、绿色建筑科技发展、洁净煤技术科技发展、海水淡化科技发展^[13]、新型显示科技发展、国家宽带网络科技发展、中国云科技发展、医学科技发展、服务机器人科技发展、高速列车科技发展、制造业信息化、太阳能科技发展以及风力发电、智

能电网重大科技产业化工程等，都包含了新材料的研发和应用内容。

（一）新材料产业规模不断扩大

2015年我国新材料产业规模约1.9万亿元。稀土功能材料、先进储能材料、光伏材料、超硬材料、特种不锈钢、玻璃纤维及其复合材料等产业产能居世界前列。2015年太阳能电池组件达到23GW，同比增长20.8%；半导体照明产业初步形成了从上游外延材料生长与芯片制造、中游器件封装到下游集成应用的比较完整的研发与产业体系，2015年产业规模超过5000亿元。2014年我国半导体硅材料产量达到4亿in²（1in²=6.4516cm²），约占全球份额的4%，相比2010年增长23%；浮法在线低辐射和阳光控制节能玻璃生产线已超过20条，离线磁控溅射节能玻璃生产线已超过150条，节能玻璃材料产业规模达到了300亿元；稀土磁性材料^[14]、稀土发光材料、稀土储氢材料^[15]等稀土功能材料的产量约占全球份额的80%；主要功能陶瓷元器

表2 我国与新材料产业相关的发展规划

年份	发展计划	涉及新材料相关领域
2010	《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》	高性能复合材料、先进结构材料、新型功能材料
2011	《当前优先发展的高技术产业化重点领域指南(2011年度)》	纳米材料、核工程用特种材料、特种纤维材料、膜材料及组件、特种功能材料、稀土材料等
2011	《国家“十二五”科学和技术发展规划》	新型功能与智能材料、先进结构与复合材料、纳米材料、新型电子功能材料、高温合金材料、高性能纤维及复合材料、先进稀土材料等
2012	《新材料产业“十二五”发展规划》 《半导体照明科技发展“十二五”专项规划》《高品质特殊钢科技发展“十二五”专项规划》《高性能膜材料科技发展“十二五”专项规划》《医疗器械科技产业“十二五”专项规划》《节能与新能源汽车产业发展规划(2012—2020年)》《有色金属工业“十二五”发展规划》等	特种金属功能材料、高端金属结构材料、先进高分子材料、新型无机非金属材料、高性能复合材料、前沿新材料 半导体照明材料、高品质特殊钢材料、新型轻质合金、膜材料、生物医用材料、锂离子动力电池材料
2013	国务院《国家集成电路产业发展推进纲要》《能源发展“十二五”规划》《关于加快发展节能环保产业的意见》《大气污染防治行动计划》《国务院关于促进光伏产业健康发展的若干意见》	大尺寸硅、光刻胶等集成电路关键材料、太阳能电池材料、锂离子动力电池材料
2014	《关于加快新能源汽车推广应用的指导意见》《关键材料升级换代工程实施方案》	锂离子动力电池材料，信息功能材料、海洋工程材料、节能环保材料、先进轨道交通材料
2015	《中国制造2025》	特种金属功能材料、高性能结构材料、功能性高分子材料、特种无机非金属材料 and 先进复合材料
2016	《关于加快新材料产业创新发展的指导意见》	先进基础材料：高品质钢铁材料、新型轻合金材料、工业陶瓷及功能玻璃材料等；关键战略材料：耐高温及耐蚀合金、高性能纤维及复合材料、先进半导体材料、生物医用材料等；前沿材料：石墨烯、增材制造材料、智能材料、超材料等

件产品的产业规模增长到 251 亿元。图 4 为 2010—2015 年中国新材料产业规模^[16]。

(二) 新材料研究水平进一步提高

进入新世纪以来,通过产学研用结合,一批核心关键技术取得了实质性突破,许多重要新材料的技术指标得到大幅提升,部分研究成果在相关领域进行了推广应用。大直径硅材料在缺陷、几何参数、颗粒、杂质等控制技术方面不断完善,300 mm 硅材料可满足 45 nm 技术节点的集成电路要求,已成功拉制 450 mm 硅单晶。人工晶体材料经过多年的发展,偏硼酸钡(BBO)和三硼酸锂(LBO)等紫外非线性光学晶体研究居国际领先水平并实现了商品化;氟硼酸钾(KBBF)晶体是国际上唯一可实用的深紫外非线性光学晶体,并在我国首先成功制备先进的科学仪器;Nd:YAG、Nd:GGG 和 Nd:YVO₄ 等激光晶体主要技术指标达到国际先进水平,实现了千瓦级全固态激光输出^[17]。太阳能电池关键技术指标达到了国际先进水平,光伏发电成本降到 1 元/(kW·h)以下。锂离子电池正极材料、负极材料、电解液均能满足小型电池要求,隔膜、电解质锂盐等关键材料基本改变了依靠进口的局面。通过开展超高分子量聚乙烯纤维、卤化丁基橡胶以及高性能驱油聚合物等技术的工业化开发,大幅缩小了我国化工材料产业与发达国家的差距。T300 级碳纤维实现了稳定生产,单线产能提高到 1 200 t;T700 和 T800 级碳纤维关键技术得到突破,实现了批量供货能

力,已开始应用于航空航天装备。研制出强度大于 800 MPa 的快速凝固喷射沉积铝合金和新一代高强高韧高淬透性铝合金,综合性能达到国际先进水平;开发出具有自主知识产权的铜带、铜管拉铸技术以及铜铝复合技术。亚微米级超细晶硬质合金整体刀具的性能达到世界先进水平。海底管线钢 X65、X70、X80 及厚壁海洋油气焊管、化学品船用中厚板均已实现国产化,自主研制的 2205 型双相不锈钢已成功应用于化学品船。关键技术的不断突破和新材料品种的不断增多,使我国高端金属结构材料^[18]、新型无机非金属材料、高性能复合材料保障能力明显增强,先进高分子材料和特种金属功能材料自给水平逐步提高。发布了国家标准《电磁超材料术语》,基于超材料与射频技术开发的新型卫星通信产品获得了首届中国电子信息博览会创新金奖。低成本石墨烯已开始生产,并应用于触摸屏、导热膜等信息通讯器件。

(三) 新材料产业区域集聚态势明显

近年来,各级政府积极推动新材料产业基地建设,加强资源整合,呈现聚集发展的良好态势,区域特色逐步显现,初步形成“东部沿海集聚,中西部特色发展”的空间格局。长三角工业基础雄厚、交通物流便利、产业配套齐全,已形成了包括航空航天、新能源、电子信息、新型化工等领域的新材料产业集群。珠三角的经济主要以外向出口型为主,新材料产业集中度高,下游产业拉动明显,已形成较为完整的产业链,在电子信息材料、改性工程塑

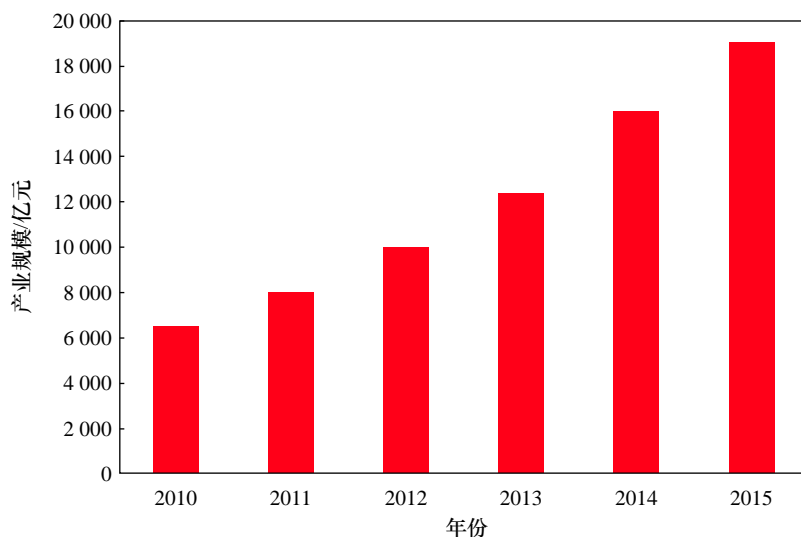


图 4 2010—2015 年我国新材料产业规模^[16]

料、陶瓷材料等领域具有较强的优势。环渤海地区技术创新推动作用明显,区域科技支撑能力较强,在稀土功能材料、膜材料、硅材料、高技术陶瓷、磁性材料和特种纤维等多个新材料领域均具有较大优势。内蒙古的稀土新材料,云南和贵州的稀贵金属新材料,广西的有色金属新材料,宁波的钕铁硼永磁材料,广州、天津、青岛等地的化工新材料产业,重庆、西安、甘肃金昌、湖南长株潭、陕西宝鸡、山东威海及太原等地的航空航天材料、能源材料及重大装备材料,江苏徐州、河南洛阳、江苏连云港等的多晶硅材料产业等也都形成了各自的区域特色^[19]。

(四) 新材料支撑重大应用示范工程的作用日益显现

新材料产业为我国能源、资源环境、信息领域的发展提供了重要的技术支撑,是建设重大工程、巩固国防军工的重要保障。各级政府组织实施了节能产品惠民、十城万盏、金太阳、物联网等重大应用示范工程,推广节能空调 3 000 多万台、节能汽车 360 多万辆、高效节能电机 4×10^6 kW、节能灯 1.6 亿只、LED 灯 160 万盏以上;建设光伏发电项目 340 多个;经过十城千辆等示范工程及相关政策的支持,2015 年我国新能源汽车产量达 37.9 万辆,居世界第一位,预计 2020 年我国新能源汽车的市场保有量将达到 500 万辆,2030 年有望达到 1 500 万辆。膜材料在海水淡化方面已经获得应用,初步形成了反渗透海水淡化的生产能力,成为我国沿海地区供水安全保障体系的重要组成部分。以有色金属结构新材料、特殊钢材料、难熔金属、高温合金和碳纤维及其复合材料^[20]为代表的高性能结构材料是当今高技术发展不可缺少的关键材料,为高速铁路、大飞机、载人航天、探月工程、超高压电力输送、深海油气开发等重大工程的顺利实施做出了贡献。

四、新材料产业发展的趋势和特点^[21]

新材料发展呈现出结构功能一体化、材料器件一体化、纳米化、复合化、绿色化的特点,其作用在高马赫数飞行器、微纳机电系统、新医药、高级化妆品和新能源电池方面发挥得淋漓尽致。

新材料在行业科技进步中举足轻重。例如,高

性能特殊钢和高温合金是高铁轮对和飞机发动机最好的选择,超高强铝合金是大飞机框架的关键结构材料,高强高韧耐腐蚀钛合金则是蛟龙号壳体及海洋工程不可或缺的材料。

新材料联用或与其他学科、领域的深度融合成为其发展的另一特点。高 k 和更高 k 材料与新型金属栅结合引领集成电路顺利走向 45 nm 及以下技术节点。钙钛矿材料和有机材料联用催生了有前景的新型太阳电池。智能材料与 3D 打印结合形成 4D 打印技术。有机复合材料、生物活性材料与临床医学结合分别产生和发展了“电子皮肤”和组织再生工程。碳纤维及复合材料已用于航空航天和先进交通工具。化合物半导体材料使太赫兹技术在环境监测、医疗、反恐方面得以应用。超材料^[22]以微结构和先进材料结合,在电磁波和光学领域获得引人注目的成果。柔性电子学材料、新能源材料、生物医用材料的市场前景广阔。自旋电子学材料、铁基及新型超导材料的研究方兴未艾。阻变、相变及磁存储材料将改变传统的半导体存储器。富勒烯、石墨烯、碳纳米管开辟了碳基材料的发展前景;石墨烯剥离成功,更引发了二硫化钼、单层锡、黑磷、硅烯、锗烯等二维材料的研究热潮^[23,24]。

高通量计算、高通量合成与表征以及大型数据库加速了新材料设计、性能预测和制备工艺模拟,大幅缩短了研发周期,降低了生产成本,为新材料研发和产业化提供了变革性的新方式。低铼高温合金和新型锂离子电池电极材料就是很好的实例。最近,在拓扑绝缘体材料中,计算预测的量子反常霍尔现象已被实验证实^[25]。

新材料的研发与生产重视节能环保与可再生,并进行全生命周期评价。诸如有毒材料的替代,中重稀土的减量使用,膜材料用于海水淡化,建筑节能材料的应用,生物基材料的研发以及“短小轻薄”理念付诸实践等。同时,低碳及环境友好的制备技术也得到了快速发展。

注重军民融合,开拓军民两用产品市场是新材料发展的趋势。宽禁带碳化硅、氮化镓基的下一代射频高效高功率器件即将成为有潜力的军民融合的高端电子产品。

此外,新材料制备的新方法、新工艺、新装备至关重要,须协调发展。新材料的研究成果正快速产业化并不断降低成本。新材料的研发、工程化与

产业化成为各国研究单位、大学、企业、政府和市场关注和着力的重点。

五、我国新材料产业发展存在的问题

改革开放以来,我国新材料产业取得了长足的进步,产业规模持续扩大,产业技术水平不断提升,在个别领域已经处于国际领先水平,产业集聚区加快布局,宏观发展环境积极改善,为下一步加快发展奠定了坚实基础。新材料已成为我国“工业强基”的四大支柱之一,同时,“中国制造 2025”也亟需大量新材料^[26]。但总体来看,我国新材料产业与世界先进水平相比仍有较大差距,发展过程中还存在一些突出矛盾和问题,这已成为制约新材料产业快速发展的瓶颈,主要体现在以下四个方面。

(一) 顶层设计和统筹协调不够,存在低水平重复建设现象

从目前国内各地区发布的新材料产业规划来看,相关产业布局顶层设计不足,没有立足于自身条件和优势进行合理定位和差异化分工,存在着严重的趋同现象。一些产业已出现了产业链上游的产品无法在下游使用,致使上游产能过剩、下游市场有效供给不足的现象。此外,盲目跟风式投入依然没有得到有效遏制,其结果不仅会造成重复建设和产能过剩,还会影响到产业发展的可持续性。

(二) 原始创新能力不足,共性技术研发与支撑能力不强,高端产品自给率不高

我国新材料原始创新能力不足,缺乏不同学科之间的深层次交流和原创性的理论研究。企业作为创新主体,参与创新研发少、生产跟踪仿制多,普遍存在关键技术自给率低、发明专利少、关键元器件和核心部件受制于人。产业共性关键技术是提高自主创新能力的基石。目前我国大多数行业没有专门的产业共性技术研发机构,共性技术研发处于缺位状态;由于缺乏良好的资源配置机制和持续有效的投入,因而无法在技术源头上支撑自主创新。此外,我国新材料没有形成大批具有自主知识产权的材料牌号与体系;通用基础原材料的国家及行业标准、统一的设计规范和材料工艺质量控制规范尚不完善;缺少符合行业标准的新材料结构设计—制造—评价共享数据库,基础支撑体系缺位。多数企

业仍在“引进—加工生产—再引进—再加工生产”的怪圈里挣扎,使得“中国制造”产品中缺乏“中国创造”元素,只能依靠廉价销售与低层次竞争寻找出路,这在很大程度上制约了新材料产业的跨越式发展。

(三) 新材料投资分散,产业链不够完整

目前,我国部分新材料领域的产业结构不够合理,新材料产业投资支持的是一些“点”,尚未形成以点带线、以线带面的联动效应。国家更愿意把扶持资金投入到国有企业和科研院所,对民营企业虽然从政策上鼓励参与竞争,但从操作层面上看,民营企业进入国家大型项目壁垒重重。此外,作为发展主体的新材料企业普遍规模较小,产业发展缺乏统筹规划,投资分散,成果转化率低,产业链不够完整。有些行业的新材料企业大多集中在中下游环节,产业配套能力不强。

(四) 政策及保障机制难以适应新材料产业发展的要求

新材料产业的关键环节和重点领域存在着“老办法管新事物”的现象,创新产品进入市场困难。行政审批周期长(如医疗产品)阻碍了企业创新的积极性。对于开发风险较大的项目,缺少资金保障机制的支持。市场的准入机制也存在一定的缺陷。此外,新材料产业服务平台尚未建立,风险投资、中介服务不能满足企业创新创业的需求。新材料成果转化和工程化过程需要大量投入,但面向工程化服务的多元化投融资体系和中介服务体系尚不完善,制约了新材料创新和产业的发展。

六、我国新材料产业培育与发展的重点方向

面对新一轮世界科技革命与产业变革与我国经济社会发展方式转型升级交汇的关键机遇期,有必要加速新材料重大技术突破,重视颠覆性技术和替代性技术等创新与应用,遴选支撑经济社会发展和国防工业重大需求的重点领域,营造适宜产业发展的环境,促进产业结构升级,形成良好产业生态,推动经济社会可持续发展。

表 3 列出了经专家投票汇总的新材料产业培育与发展的重点方向与技术。在培育和发展过程中,要更加注重提升产品质量,推动发展方式向质量效

表3 新材料产业培育与发展的重点方向

序号	重点方向	序号	重点方向
1	大直径硅及硅基材料	34	高性能合成橡胶材料及应用
2	宽禁带半导体材料技术	35	导电高分子材料
3	高功率激光和非线性光学晶体、器件及应用技术	36	组织诱导性生物材料及组织工程化产品
4	石墨烯等碳基纳米材料制备技术	37	药物靶向控释载体和系统
5	新型显示技术	38	计算机仿生快速成型及生物 3D 打印技术
6	新一代存储材料及制备技术	39	微创伤及介入治疗技术及器械
7	高性能传感、探测器材料技术	40	纳米生物材料与软纳米技术
8	印刷电子制造技术	41	植入性微电子器械
9	半导体自旋电子材料与器件	42	智能型可植入假肢
10	低成本、高性能的多晶硅规模化生产技术	43	生物医用传感材料及器件
11	高温光热材料技术及产业化	44	生物基材料
12	高质量大型铝合金管材及下一代 SiC 管材加工、组织及性能控制技术	45	低成本、绿色制备铝、镁、钛轻金属制备技术
13	叠层聚光薄膜太阳能电池产业化制备技术	46	高性能高温合金等特种合金及其制备技术
14	高容量、高电压、长寿命富锂固溶体正极材料制备技术	47	超超临界用钢及其制备技术
15	高容量、长寿命硅碳 / 合金类负极材料制备技术	48	高性能轴承钢、齿轮钢、模具钢及关键零部件用钢及其制备技术
16	固态 / 高压混合储氢系统作为车载氢源的应用研究	49	轮轨钢及其制备技术
17	镀膜玻璃、阳光控制节能镀膜玻璃的多功能化和复合化技术	50	高性能铜及铜合金材料
18	高性能分离膜材料	51	高纯稀土及制备技术
19	固体氧化物燃料电池材料	52	基于多外场跨尺度模拟的新一代稀土材料制备加工与组织性能调控技术
20	二氧化碳高效电催化还原技术	53	高端稀土功能纳米材料与规模制备技术
21	空间太阳能电池	54	稀土磁传感及磁致伸缩材料与器件
22	高性能特种陶瓷纤维及其批量制备技术	55	稀土金属基复合材料设计、制备与应用技术
23	薄壁异型、大尺寸、复杂形状陶瓷构件及 3D 打印增材制造用特种陶瓷粉体及其制备技术	56	重大工程关键稀土功能材料服役评价与安全控制技术
24	超薄多层陶瓷元件与陶瓷基复合材料绿色低成本制备技术	57	高性能纤维材料及其制备技术
25	新型耐高温 / 抗热震 / 耐腐蚀先进陶瓷材料的设计和批量制备技术	58	高温高效隔热材料及其制备技术
26	航空或航天发动机用陶瓷基复合材料研制及批量制造技术	59	超宽禁带半导体材料及其制备技术
27	新型高性能耐火材料制备技术	60	超导材料及其制备技术
28	高性能玻璃纤维及其复合材料制备技术	61	含能材料安全、绿色制备及高效利用技术
29	长寿命高性能混凝土制备技术	62	材料计算、性能数据库与验证平台建设
30	高性能碳纤维（高强、高强中模、高模、高模高强）及其树脂基复合材料制备技术	63	智能纺织材料及其制备技术
31	碳 / 碳复合材料低成本制备技术	64	超材料及其制备技术
32	高性能有机纤维及其复合材料制备技术	65	量子点红外材料及器件
33	高性能特种工程塑料及应用		

益型转变,提升核心竞争力;要更加注重资源型新材料的发展,并与生态保护相结合;要更加注重与新一代信息技术、新能源和环境、生物和健康以及智能制造等国家重点领域的协同发展,为实现创新驱动发展战略提供新材料支撑;要更加注重材料从研发、设计、生产到应用的全链条产业体系的系统发展,增强可持续发展能力;要更加注重新材料产业的能源消耗以及成本费用,建立资源节约、环境友好型的技术体系、生产体系和效益体系,实现绿色协同可持续发展。

七、加快发展我国新材料产业的政策建议

面向信息、高端装备与制造、绿色低碳、生物和数字创意产业以及重大工程的需求,应加强新材料产业的提质增效和协同应用,提高新材料的基础支撑能力,推进新材料融入全球高端制造供应链。同时,进一步提高重大关键新材料的自给率,布局前沿新材料研发,形成一批具有前瞻性的创新成果,加快实现我国从材料大国向材料强国的转变,为此提出如下建议。

(一) 加强顶层设计,完善产业政策

加强国家对新材料基础研究的投入,高度重视当前处于研发阶段的前沿新材料,适度超前安排。着力突破新材料产业发展的工程化问题,提高新材料的基础支撑能力。加快完善有利于推动新材料产业进步的政策和法规体系,制定新材料产业发展指导目录和投资指南,建立相关的技术标准体系,完善产业链、创新链、资金链。遵循“谁投资、谁负责”的原则,加强对国有资本投资回报率的监管;突出国家对重点行业的聚焦支持,防止出现“投资碎片化”,集中力量培育和塑造我国名牌新材料产品。

(二) 发挥市场的资源配置作用,建设以企业为主体的发展体系

在注重政府对新材料产业发展战略引导作用的基础上,加快营造新材料相关企业自主经营、公平竞争的市场环境,以企业为投资主体和成果应用主体,加强产学研用相结合,充分发挥市场配置资源的基础性作用,提高资源配置效率和公平性。推动优势企业实施强强联合、跨地区兼并重组、境外并

购和投资合作,提高产业集中度,加快培育具有国际竞争力的企业集团。抓住我国工业化进程加速的历史机遇,培育、拓展新材料消费市场,特别是中高端市场,以需求带动发展,促进企业上档次、上规模,推动供给侧结构性改革,扩大与国际制造企业的全方位合作,推动新材料快速融入全球高端制造供应链。

(三) 加强支撑体系建设,夯实发展基础

进一步加大对新材料制备和检测自动化设备的研发支持,集中力量开发改进产品质量、降低制造成本的核心装备,重视新型低成本制造工艺及其配套技术的开发,深化发展新材料的智能化制造技术。建设材料设计与极端条件下性能预测研发平台,制定材料服役性能和全寿命成本指标体系,全面提升我国材料应用水平。建立新材料结构设计—制造—评价共享数据库,以下游应用为牵引构建与国际接轨又具我国特色的材料标准体系^[27]。从战略高度重视和研究新材料产业的知识产权体系,加强知识产权保护,鼓励新材料研发中的原始创新与集成创新^[28],逐步形成具有自主知识产权的材料牌号与体系,开展协同应用试点示范,搭建协同应用平台,推进新材料产业的结构调整和升级换代。

(四) 加强人才培养,积极引进创新人才

实施创新人才发展战略,支持企业加强创新能力建设,不断加大新材料领域创新型人才的培养力度,吸收国外高水平的技术和管理人才,建立适合创新人才发展的激励和竞争机制。同时,鼓励新材料企业积极开展国际合作与交流,引进国外先进技术和管理经验,不断提升我国新材料企业管理水平。充分发挥行业协会、科研单位和大学的作用,共同建立新材料专家系统,加强新材料研发、生产和应用的直接沟通和交流。专家系统定期对国内外新材料研发和应用需求进行调研和评估,发挥思想库作用,就新材料发展和需要关注的重点问题提供咨询意见。

参考文献

- [1] 师昌绪. 关于构建我国“新材料产业体系”的思考[J]. 工程研究: 跨学科视野中的工程, 2013, 5(1): 5-11.

- Shi C X. Reflections on the construction of China's "New Material Industry System" [J]. Journal of Engineering Studies, 2013, 5(1): 5-11.
- [2] Shuji N. Future technologies and applications of III-nitride materials and devices [J]. Engineering, 2015, 1(2): 161.
- [3] 段炼, 邱勇. OLED 照明及 OLED 有源显示材料与器件[J]. 新材料产业, 2011(2): 20-26.
Duan L, Qiu Y. OLED lighting and OLED active display material and device [J]. Advanced Materials Industry, 2011(2): 20-26.
- [4] 中国工程科技发展战略研究院. 2014 中国战略性新兴产业发展报告[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
China Institute of Engineering Development Strategy. 2014 report on the development of China's strategic emerging industries [M]. Beijing: Science Press, 2013.
- [5] Tu H L. 450 mm silicon wafers are imperative for moore's law but maybe postponed [J]. Engineering, 2015, 1(2): 162-163.
- [6] 李龙土. 功能陶瓷材料及其应用研究进展[J]. 硅酸盐通报, 2010(5): 107-110.
Li L T. Development in functional ceramic materials and their applications [J]. Journal of the Chinese Ceramic Society, 2010(5): 107-110.
- [7] 张兴栋, 王宝亭. 我国生物材料科学与产业的崛起[J]. 新材料产业, 2009(10): 92-95.
Zhang X D, Wang B T. The rise of biological materials science and industry in China [J]. Advanced Materials Industry, 2009(10): 92-95.
- [8] Nie Z R, Gao F, Gong X Z, et al. Recent progress and application of materials life cycle assessment in China [J]. Progress in Natural Science: Materials International, 2011, 21(1): 1-11.
- [9] 全国工商联新能源商会. 全球新能源发展报告2015[R]. 北京: 2015.
China New Energy Chamber of Commerce. Annual development report on world energy(2015) [R]. Beijing: 2015.
- [10] Chen L Q. The materials genome initiative and advanced materials [J]. Engineering, 2015, 1(2): 169.
- [11] Gerbrand C, Kristin P. With supercomputers and the equations of quantum mechanics, scientists are designing new materials atom by atom, before ever running an experiment [J]. Scientific American, 2013(5): 36-40.
- [12] Anubhav J. The materials project: A materials genome approach to accelerating materials innovation [J]. APL Materials, 2013, 1(1): 2166-2176.
- [13] 徐南平, 高从堦, 金万勤. 中国膜科学技术的创新进展[J]. 中国科学工程, 2014, 15(12): 5-9.
Xu N P, Gao C J, Jin W Q. Innovations of membrane science and technology in China [J]. Engineering Science, 2014, 15(12): 5-9.
- [14] 李卫, 朱明刚. 中国稀土永磁材料基础理论、产业技术与装备研究进展[C]. 全国电磁材料及器件学术会议. 屯溪, 2012.
Li W, Zhu M G. The foundations theory and industrial technology and equipment of china's rare earth permanent magnet [C]. The Forum of China Electromagnetic Materials and Device. Tunxi, 2012
- [15] 蒋利军. 稀土储氢材料研究与应用[J]. 稀土信息, 2011(9): 4-6.
- Jiang L J. Study and application of rare earth hydrogen storage materials [J]. Rare Earth Information, 2011(9): 4-6.
- [16] 中华人民共和国工业和信息化部原材料工业司. 中国新材料产业年度发展报告[M]. 北京: 电子工业出版社, 2014.
Ministry of raw materials industry division of Ministry of industry and Information Technology of the People's Republic of China. Annual development report of China new material industry [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2014
- [17] 王继扬, 吴以成. 光电功能晶体材料研究进展[J]. 中国材料进展, 2011, 29(10): 1-12.
Wang J Y, Wu Y C. Progress of the research on photo electronic functional crystals [J]. Materials China, 2011, 29(10): 1-12.
- [18] 徐匡迪. 中国特钢生产60 年[J]. 钢铁, 2014, 49(7): 2-7.
Xu K D. China's special steel production over the past 60 years [J]. Iron and Steel, 2014, 49(7): 2-7.
- [19] 中国电子信息产业发展研究院. 中国新材料产业地图白皮书 (2012) [R]. 北京, 2012.
China Center for Information Industry Development. White paper on China's new materials industry map (2012) [R]. Beijing, 2012.
- [20] 包建文, 陈祥宝. 发动机用耐高温聚酰亚胺树脂基复合材料的研究进展[J]. 航空材料学报, 2012(6): 1-13.
Bao J W, Chen X B. Advance in high temperature polyimide resin matrix composites for aeroengine [J]. Journal of Aeronautical Materials, 2012(6): 1-13.
- [21] 屠海令. 发展先进材料, 迎接科技革命[J]. 科技导报, 2014, 32(34): 1.
Tu H L. Developing advanced materials to meet the scientific and technological revolution [J]. Science and Technology Review, 2014, 32(34): 1.
- [22] Liu R. Broadband ground-plane cloak [J]. Science, 2009, 323: 366-369.
- [23] Geim A K, Novoselo K S. The rise of graphene [J]. Nature Materials, 2007(6): 183-191.
- [24] Geim A K. Graphene: Status and prospects [J]. Science, 2009, 324: 1530-1534.
- [25] He K, Wang Y Y, Xue Q K. Quantum anomalous hall effect [J]. National Science Review, 2014(1): 38-48.
- [26] 路甬祥. 加快推进工业强基, 夯实制造强国基础. 工业强基[M]. 北京: 电子工业出版社, 2016.
Lu Y X. Accelerate industrial foundation, consolidate the foundation of manufacturing power. Strengthen the foundation for industry development [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2016
- [27] 张纲, 张超, 杨青海, 等. 质量技术基础. 工业强基[M]. 北京: 电子工业出版社, 2016.
Zhang G, Zhang C, Yang Q H, et al. Foundation of quality and technology. Strengthen the foundation for industry development [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2016.
- [28] 干勇, 延建林. 工业技术创新体系. 工业强基[M]. 北京: 电子工业出版社, 2016.
Gan Y, Yan J L. Industrial technology innovation system. Strengthen the foundation for industry development [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2016.