



战略性新兴产业培育与发展研究丛书

新材料产业培育与 发展研究报告

屠海令 等 著



科学出版社

战略性新兴产业培育与发展研究丛书

新材料产业培育与发展研究报告

屠海令 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是中国工程院重大咨询项目“战略性新兴产业培育与发展”子课题“新材料产业培育与发展”的研究成果。全书在剖析新材料产业发展的国内外发展特点以及关键新材料领域发展现状的基础上,论述了新材料产业面临的主要问题,提出了中国新材料产业未来一段时期的发展方向、发展目标、发展重点和政策建议。

本书有助于读者了解中国新材料产业发展的现状和走向,可作为战略性新兴产业研究的重要参考资料,也可供各级领导干部、有关决策部门和产业界及社会公众参考。

图书在版编目(CIP)数据

新材料产业培育与发展研究报告 / 屠海令等著. —北京: 科学出版社, 2015

(战略性新兴产业培育与发展研究丛书)

ISBN 978-7-03-043656-6

I. ①新… II. ①屠… III. ①材料工业—产业发展—研究报告—中国
IV. ①F426

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第045649号

责任编辑: 马 跃 徐 倩 / 责任校对: 刘文娟

责任印制: 李 利 / 封面设计: 无极书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年3月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2015年3月第一次印刷 印张: 10 3/4

字数: 217 000

定价: 86.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

战略性新兴产业培育与发展研究丛书

编委会

顾问:

徐匡迪 周 济 潘云鹤 张晓强 干 勇
陈吉宁 陈清泰 朱高峰 杜祥琬

编委会主任:

邬贺铨

编委会副主任:

王礼恒 屠海令 薛 澜

编委会成员 (以姓氏笔画为序):

马永生 王崑声 石立英 卢秉恒 朱高峰
苏 竣 李国杰 杨胜利 吴 澄 吴有生
岑可法 张彦仲 金翔龙 周守为 孟 伟
柳百成 钟志华 殷瑞钰 栾恩杰 唐启升
黄其励 彭苏萍 韩英铎 管华诗

工作组 (以姓氏笔画为序):

王刚波 王秀芹 王振海 王海南 卢 跃
刘佳明 许冠南 孙贵国 李 欣 李 燕
李应博 李艳杰 杨 榕 邴 浩 吴 坚
沙 勇 张 剑 周 源 周晓纪 赵 滢
胡良元 洪志生 黄 萃 黄 琳 崔 剑
葛宏志

丛 书 序

进入 21 世纪,世界范围内新一轮科技革命和产业变革与我国转变经济发展方式实现历史性交汇,新一轮工业革命正在兴起,全球科技进入新的创新密集期,我国进入了经济发展新常态,经济从高速增长转为中高速增长,经济结构不断优化升级,经济从要素驱动、投资驱动转向创新驱动。培育和发展战略性新兴产业是党中央、国务院着眼于应对国际经济格局和国内未来可持续发展而做出的立足当前、着眼长远的重要战略决策。战略性新兴产业是我国未来经济增长、产业转型升级、创新驱动发展的重要着力点。培育和发展战略性新兴产业,高起点构建现代产业体系,加快形成新的经济增长点,抢占未来经济和科技制高点对我国经济社会能否真正走上创新驱动、内生增长、持续发展的轨道具有重大的战略意义。党的十八大报告明确指出,推进经济结构战略性调整,加快传统产业转型升级,优化产业结构,促进经济持续健康发展的一个重要举措就是积极推动战略性新兴产业的发展。

“十三五”时期战略性新兴产业面临新的发展机遇,面临的风险和挑战也前所未有的。认识战略性新兴产业的发展规律,找准发展方向,对于加快战略性新兴产业培育与发展至关重要。作为国家工程科技界最高咨询性、荣誉性学术机构,发挥好国家工程科技思想库作用,积极主动地参与决策咨询,努力为解决战略性新兴产业培育与发展中的问题提供咨询建议,为国家宏观决策提供科学依据是中国工程院的历史使命。面对我国经济发展方式转变的巨大挑战与机遇,中国工程院积极构建新的战略研究体系,于 2011 年年底启动了“战略性新兴产业培育与发展战略研究项目”,坚持“服务决策、适度超前”原则,在“十二五”战略性新兴产业咨询研究的基础上,从重大技术突破和重大发展需求着手,重视“颠覆性(disruptive)技术”,开展前瞻性、战略性、开放性的研究,对战略性新兴产业

业进行跟踪、滚动研究。经过两年多的研究，项目深入分析了战略性新兴产业的国内外发展现状与趋势，以及我国在发展战略性新兴产业中存在的问题，提出了我国未来总体发展思路、发展重点及政策措施建议，为“十三五”及更长时期的战略性新兴产业重要发展方向、重点领域、重大项目提供了决策咨询建议，有效地支撑了国家科学决策。此次战略研究在组织体系、管理机制、研究方法等方面进行了探索，并取得了显著成效。

一、创新重大战略研究的组织体系，持续开展战略性新兴产业咨询研究

为了提高我国工程科技发展战略研究水平，为国家工程科技发展提供前瞻性、战略性的咨询意见，以打造一流的思想库研究平台为目标，中国工程院通过体制创新和政策引导，积极与科研机构、企业、高校开展深度合作，建立创新联盟，联合组织重大战略研究，开展咨询活动。此外，中国工程院2011年4月与清华大学联合成立了“中国工程科技发展战略研究院”，2011年12月与中国航天科技集团公司联合成立了“中国航天工程科技发展战略研究院”，2011年12月与北京航空航天大学联合成立了“中国航空工程科技发展战略研究院”，实现了强强联合，在发挥优势、创新研究模式、汇聚人才方面开展探索。

战略性新兴产业培育与发展研究作为上述研究机构成立后的首批重大咨询项目，拥有以院士为核心、专家为骨干的开放性咨询队伍。相关领域的110多位院士、近200位专家及青年研究人员组成课题研究团队，分设信息、生物、农业、能源、材料、航天、航空、海洋、环保、智能制造、节能与新能源汽车、流程制造、现代服务业13个领域课题组，以及战略性新兴产业创新规律与产业政策课题组和项目综合组，在国家开发银行的大力支持下，持续研究战略性新兴产业培育与发展。

二、创新重大战略研究的管理机制，保障项目的协同推进和综合集成

此次研究涉及十多个领域，为确保领域课题组的协同推进、跨领域问题的统筹协调和交流、研究成果的综合集成，项目研究中探索了重大战略研究的管理机制，建立了跨领域、全局性的重大发展方向、重大问题的领导协商机制，并形成了组织相关部委、行业主管部门、各领域院士和专家进行重点领域、重大方向、重大工程评议的机制。项目组通过工作组例会制度、工作简报制度和定期联络员会议等，建立起项目动态协调机制。该机制加强了项目总体与领域课题组的沟通协调，推动了研究成果的综合集成，确保综合报告达到“源于领域、高于领域”的要求。

三、注重广泛调研及国际交流，充分吸纳产业界意见和国外发展经验

此次研究中，中国工程院领导亲自带队，对广东、重庆等省市战略性新兴产业的培育与发展情况进行了实地调研，考察了主要相关企业的发展情况，组织院士专家与当地政府及企业代表就发展战略性新兴产业过程中的经验及问题进行讨论。项目组召开了“广东省战略性新兴产业发展座谈会”，相关院士、专家及广州、深圳、佛山、东莞政府相关部门和广东省企业代表进行了座谈交流；与英国皇家工程院和中国清华大学共同主办了“中英战略性新兴产业研讨会”，中英相关领域院士、专家学者就生物工程、新能源汽车、先进制造、能源技术等领域开展了深入研讨；组织了“战略性新兴产业培育与发展高层论坛”；在第十五届中国国际高新技术成果交易会期间，与国家发展和改革委员会、科学技术部、工业和信息化部、财政部、清华大学联合主办了“战略性新兴产业报告会”等。

四、创新重大战略研究的方法和基础支撑，提高战略咨询研究的科学性

引入评价指标体系、成熟度方法、技术路线图等量化分析方法与工具，定性与定量相结合是此次战略研究的一大亮点。项目以全球性、引领性、低碳性、成长性、支柱性、社会性作为评价准则，构建了战略性新兴产业评估指标体系，为“十三五”战略性新兴产业重大发展方向、重大项目的选择提供了量化评估标准。产业成熟度理论的研究和应用，为准确把握重大发展方向的技术、制造、产品、市场和产业的发展状态，评估产业发展现状，预测发展趋势提供了科学的评估方法。技术路线图方法的研究与应用，为战略性新兴产业的发展路径选择提供了工具支撑。项目还开展了战略性新兴产业数据库建设工作，建立了战略性新兴产业网站，并建立了战略性新兴产业产品信息、技术信息、市场信息、政策信息等综合信息平台，为进一步深入研究战略性新兴产业培育与发展提供了基础支撑。

“十三五”时期是我国现代化建设进程中非常关键的五年，也是全面建成小康社会的决定性阶段，是经济转型升级、实施创新驱动发展战略、加快推进社会主义现代化的重要时期，也是发展中国特色的新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化的关键时期。战略性新兴产业的发展要主动适应经济发展新常态的要求，推动发展方式转变，发挥好市场在资源配置中的决定性作用，做好统筹规划、突出创新驱动、破解能源资源约束、改善生态环境、服务社会民生。

“战略性新兴产业培育与发展研究丛书”及各领域研究报告的出版对新常态

下做好国家和地方战略性新兴产业顶层设计和政策引导、产业发展方向和重点选择，以及企业关键技术选择都具有重要的参考价值。系列报告的出版，既是研究成果的总结，又是新的研究起点，中国工程院将在此基础上持续深入开展战略性新兴产业培育与发展研究，为加快经济发展转型升级提供决策咨询。

前 言

材料是人类赖以生存和发展的物质基础，也是人类社会发展的先导。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]。

近年来我国政府高度重视新材料产业的发展，《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》不仅专门制定了新材料研究的战略规划，而且还涉及新材料产业的多个重点领域、前沿技术、基础研究和工程化专题。《“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》相继明确了新材料产业“十二五”发展的发展目标、措施以及重大政策制定的相关规划，同时围绕所提出的发展目标，将规划任务细化到具体产品、技术和装备，落实到重大工程，为企业决策、政府配置公共资源以及新材料产业的健康发展奠定了基础。

经过多年的努力，我国新材料产业发展取得了举世瞩目的成就，产业技术水平日益提高，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，为我国以信息、生物、新能源、轨道交通、航空航天等为代表的高技术产业突破技术瓶颈、实现历史性的跨越发展提供了强有力的支撑。但总体上来看，我国还不是材料强国，新材料产业的核心竞争力仍需加强，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、高端材料对外依赖程度仍然较高等不利现状依然存在。因此，抓紧机遇，合理规划，实现我国新材料产业的变革和提升势在必行，这对加快我国经济发展方式转变、提升国防军工实力、实现节能环保目标具有重要的战略意义。

根据中国工程科技发展战略研究院“战略性新兴产业培育与发展”重大战

略研究咨询项目的统一部署，新材料课题组组长屠海令院士于2011年年底正式启动了“新材料产业培育与发展”的咨询研究工作，组织吴以成、陈立泉、李龙土、张兴栋、王一德、周玉、陈祥宝、王崇愚、毛昌辉、王继扬、卢世刚、周济、黄小卫、孙蓟泉、米绪军、肖清华、贾德昌、邢丽英、李腾飞等开展信息功能材料、新能源及节能环保材料、稀土及特种功能材料、生物医用材料、金属材料、无机非金属材料、高分子及复合材料和材料基因组工程八个领域的发展战略研究。课题组采用实地走访、专家座谈及典型企业研讨等方式开展了大量调研，在分析研究调研资料的基础上，提出了新材料产业未来一段时期的发展方向、发展目标及发展重点和政策建议，形成了《新材料产业培育与发展研究报告》。希望本报告能提供我国新材料产业顶层设计和科学部署的咨询依据，为战略性新兴产业的培育和发展做出贡献。

在研究过程中，干勇、周廉、薛群基等院士在研究原则、研究方向等方面给予了课题组大量的指导；为做好研究工作，课题组组织了一批专家学者分专题开展了大量的调研、分析和总结工作，他们分别是信息功能材料专题组的薛增泉、常青等，新能源及节能环保材料专题组的吴锋、严大洲、孟庆波、蒋利军、王力军、罗远辉、王文静、蒋有荣、周恒辉、汪继强、曾蓉、李志念、张超等，稀土及特种功能材料专题组的李言荣、姜德生、庄卫东、胡伯平、金万勤、聂祚仁、乔金樑、韩高荣、周东祥、李勃、郭海、向勇、付振晓等，生物医用材料专题组的樊瑜波、王宝亭、孙伟、蒲忠杰、殷敬华、奚廷斐、曹谊林、聂洪鑫、张璇、赵晚露等，金属材料专题组的唐荻、任忠鸣、米振莉、赵爱民、苏岚、武会宾等，无机非金属材料专题组的黄政仁、黄朝辉、熊翔、刘学建、杨治华等，高分子及复合材料专题组的李仲平、蹇锡高、包建文、冯志海、王其红、郭万涛、魏化震、朱建勋、齐楠等，材料基因组工程专题组的南策文、陈难先、薛其坤、段文晖、范天佑、韩汝珊、李殿中、鲁晓刚、莫则尧、宋海峰、汪洪、王绍青、徐东生、姚裕贵、于涛、王卓等，秘书组左家和、宋玮玮、马飞等。在本书的编写过程中，课题组得到了中国工程院一局谢冰玉局长、王振海副局长、黄琳处长等领导的大力支持及中国工程科技发展战略研究院李艳杰老师和王秀芹老师的帮助。此外，还有诸多机构和个人在课题组组织的各类实地调研、座谈会和研讨会中分享了宝贵的经验，提出了中肯的意见。对于上述给予本报告支持的单位和专家，在此一并表示诚挚的谢意！

目 录

第一章 新材料产业发展现状概述	1
一、国外新材料产业发展现状	1
二、中国新材料产业发展现状	6
第二章 关键新材料领域发展现状及重大技术突破	10
一、信息功能材料	10
二、新能源及节能环保材料	20
三、稀土及特种功能材料	36
四、生物医用材料	45
五、金属材料	60
六、无机非金属材料	72
七、高分子及复合材料	81
八、材料基因组工程	91
第三章 中国新材料产业发展存在的问题	100
一、原始创新能力不足，高端产品自给率不高	100
二、从研发到应用缺乏系统性，标准、数据库等配套体系支撑不足	101
三、新材料投资比较分散，产业链不够完整	101
四、政策及保障机制难以适应新材料产业发展的要求	101
第四章 中国新材料产业的发展战略	102
一、指导思想	102
二、发展目标	102
三、发展重点	103

第五章 典型案例分析	131
一、高温合金材料发展路线图	131
二、人工晶体材料成熟度分析	141
第六章 政策建议	151
一、加强顶层设计，完善产业政策	151
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	151
三、加强支撑体系建设，夯实发展基础	152
四、设立新材料专家系统，发挥思想库作用	152
参考文献	153

新材料产业发展现状概述

一、国外新材料产业发展现状

进入 21 世纪以来，国际金融危机影响深远，气候变化更加突出，世界范围内以知识技术密集、绿色低碳增长为主要特征的新兴产业逐渐崛起，新材料作为引导性新兴产业正成为未来经济社会发展的重要力量。

世界各国对新材料产业的关注与重视达到了一个新的高度，纷纷对新材料领域制定了相应的规划，在研发、市场、产业环境等不同层面出台政策，全面加强政策扶持力度，推动新材料产业发展。迄今为止，20 多个发达国家和新兴国家已制定了与新材料相关的新兴产业发展战略，启动了 100 余项专门计划。美国于 2009 年和 2011 年两度发布《国家创新战略》，其创新战略的核心理念是构筑“创新金字塔”，其中，清洁能源、生物技术、纳米技术、空间技术、健康医疗等国家优先发展领域都涉及了新材料技术。欧盟为实现经济复苏、消除发展痼疾、应对全球挑战，于 2010 年 3 月制定了《欧洲 2020 战略》，提出三大战略重点。2010 年，德国政府发布《创意、繁荣：德国高技术 2020 战略》。2011 年 12 月，英国商业、创新与技能部发布了《促进增长的创新与研究战略》。日本于 2010 年 6 月发布了《新增长战略》。巴西、印度、俄罗斯等新兴经济体采取重点赶超战略。韩国于 2009 年公布了《绿色增长国家战略及五年行动计划》，

于 2011 年公布了《新增长动力规划及发展战略》^[2]。上述规划都将新材料列为重点发展方向和发展领域，并以此作为新一轮工业革命的重要支撑（表 1-1）。

表 1-1 若干国家和地区的新材料领域战略

国家和地区	发展计划	新材料相关领域
美国	复苏与再投资法案（2009）	能源和低碳技术相关材料、信息和互联网产业相关材料、生物和医疗材料、航天材料
	国家创新战略（2011）	清洁能源、生物技术、纳米技术
	先进制造伙伴计划（2011）	材料基因组计划
欧盟	未来 10 年低碳技术发展路线图（2009）	风能、太阳能、智能电网等领域的相关材料
	欧洲 2020 战略（2010）	信息技术、新能源、生物技术
	创意、繁荣：德国高技术 2020 战略（2010）	纳米技术、生物技术等领域的相关材料
	促进增长的创新与研究战略（2011）	纳米技术、信息技术等领域的相关材料
	未来新兴旗舰技术项目（2013）	石墨烯
日本	战略重点科学技术项目（2008）	元素战略计划
	最先进研究开发支援项目（2010）	信息通信材料、节能和新能源材料、环保材料、生物工程材料、航空材料
韩国	绿色增长国家战略及五年行动计划（2009）	绿色能源材料
	新增长动力规划及发展战略（2011）	生物制药、发光二极管、新型半导体等领域的相关材料

在社会和经济飞速发展、全球化趋势日益加快的背景下，新材料产业的发展呈现出以下主要特点和趋势。

（一）新材料前沿技术不断突破，产业规模迅速扩大

新材料技术发展日新月异，前沿技术的突破加快了技术与生产力的转化速度。例如，微电子材料的快速突破使芯片集成度及信息处理速度得到大幅提高，芯片特征线宽不断减小，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，12 英寸（1 英寸 ≈ 0.0254 米）硅材料可满足 22 纳米技术节点的集成电路（integrated circuit, IC）要求，18 英寸硅片已产出样片。 A_2B_7 型稀土储氢合金已经实现工程化，并将 AA 电池的容量提高到 2 700 毫安时^[3]。低温共烧陶瓷技术（low temperature co-fired ceramic, LTCC）的研究开发取得重要突破，将大量无源电子元件整合于同一基板内的梦想已成为可能。发现超导转变温度高达 30 开尔文的新铁基层状化合物 $K_{0.8}Fe_{1.7}Se_2$ ^[4]。临界电流近 200 安/平方厘米，长度达到千米级的钇钡铜氧（yttrium barium copper oxide, YBCO）超导带材已经成功制备。

技术的进步推动了全球新材料产业的快速发展，2010 年已接近 10 000 亿

美元^[5]。与新材料产业相关的纳米、航天、物联网等行业增长迅速,据美国国家科学技术理事会纳米分会预测,未来10~15年全球纳米相关产品市场将超过1.3万亿美元;美国航天基金会的报告表明,2011年全球航天经济总产值为2 897.1亿美元,年度增长率高达12.2%^[6];据中国物联网研究发展中心表示,2012年全球物联网市场规模已达到3 500亿美元,未来5年全球物联网产业市场规模年均增长率将达25%。十余年来,全球生物医用材料(biomedical materials)以高达约15%的复合增长率(compound annual growth rate, CAGR)持续增长,2012年市场已达1 850多亿美元,预计2015年和2020年将分别达到2 460多亿美元和3 970多亿美元^[7];在发光二极管(light emitting diode, LED)封装产业方面,2013年全球产值超过125亿美元,预计2015年将达到200亿美元,包括应用市场在内的产业链规模将达到2 000亿美元。

(二) 新材料对新兴产业发展的影响日益增强

伴随着新材料研究技术的不断延展,产生了诸多新兴产业。例如,氮化镓(GaN)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的光效已达276流明/瓦,远远超过白炽灯(15流明/瓦)和荧光灯(80流明/瓦),正在给照明工业带来革命性的变化。太阳能电池最高转换效率不断提高,其中晶体硅电池达到23%、薄膜电池(α -Si、CdTe、CIGS^①)接近20%、有机和染料敏化电池约11%,极大地推动了新能源产业的发展^[8];质子膜燃料电池(proton exchange membrane fuel cell, PEMFC)已用于交通示范运行,从性能上看可以满足车辆的需求,为新能源汽车产业的发展奠定了基础。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、航天及军工扩展到高附加值民用领域,给汽车及电子产品等行业的发展带来了变革。生物医用材料的发展为世界范围内的患者带来福音,心血管系统修复材料和器械的使用及医疗技术的进步,使心脏病死亡率下降近60%;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;血管支架等介入器械的研发催生了微创和介入治疗技术。生物活性物质(如药物、蛋白、基因等)的靶向/智能型控释系统及其载体材料的发展,不仅导致传统给药方式发生革命性变革,而且为先天性基因缺陷、老年病、肿瘤等难治愈疾病的治疗开辟了新的途径。

(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、资金和人才等优势不断向

① CIGS: $\text{CuIn}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{Se}_2$, 即铜铟镓硒。

新材料领域拓展,已在高附加值产品中占据主导地位。信越、瓦克、住友(Sumitomo)、MEMC 公司和三菱材料公司 5 家企业就占据国际半导体硅材料市场销售额的 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 Corning 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。有机氟材料则是 Du Pont、Daikin、DN-Hoechst、3M、Ausimont、ATo 和 ICI 7 家公司占据全球 90% 的生产能力,在全球居于垄断地位。日本日亚公司在高端蓝、绿光 LED 市场具有较大优势,美国科锐(Cree)公司使用碳化硅(SiC)衬底制备 GaN 基 LED 芯片的技术具有很强的市场竞争力,飞利浦(Philips)控股的美国 Lumileds 公司的功率型白光 LED 国际领先,德国欧司朗(Osram)公司在车用、照明用领域领先,美国、日本、德国等国企业掌握了 70% 的 LED 外延生长和芯片制备核心专利技术。小丝束碳纤维的制造基本被日本的东丽纤维公司、东邦(Toho)公司、三菱材料公司和美国的 Hexel 公司所垄断,而大丝束碳纤维则几乎由美国的 Fortafil 公司、卓尔泰克(Zoltek)公司、Aldila 公司和德国的 SGL 公司 4 家所垄断。核用锆合金市场则由九大公司所垄断,其中,法国法马通占 23%,美国西屋公司占 17%,美国通用电气占 11%,德国西门子占 10%。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占据世界主导地位,是全球航空航天、交通运输等领域轻质高强材料的供应主体。美国的 Timet、RMI 和 Allegen Teledyne 三大钛生产企业的总产量占美国钛加工总量的 90%,它们也是世界航空级钛材的主要供应商。

近年来,新兴经济体的崛起带来了全球创新要素的转移,为发展中国家的发展创造了非常有利的条件。据 2010 年联合国教育、科学及文化组织发布的报告,“金砖四国”(即中国、俄罗斯、巴西和印度)的研发投入占全球的比例从 2002 年的 10% 增长到 2007 年的 15%,发展中国家的研发人员占全球总数的比例从 2002 年的 30% 增长到 2007 年的 38%^[9~11]。在某些新材料领域,新兴经济体已成为重要的市场和产业驱动力量。截至 2011 年,中国风电的新增装机容量为 18 491 兆瓦,占世界新增装机容量的 43%;总装机容量达到 63 225 兆瓦,占世界的 26%,均居世界第一位。根据世界风能协会发布的《全球风能 2011 年年度报告》,印度的风电装机量也跻身世界前五名。

(四) 新材料的高性能、低成本及绿色化发展趋势明显

新材料技术的突破促使新材料产品向高性能化、多功能化、智能化发展,从而降低生产成本,延长使用寿命,提高新材料产品的附加值和市场竞争力。

新型结构材料主要通过提高强韧性、提高温度适应性、延长寿命以及材料的复合化设计等来降低成本、提高质量,如 T800 碳纤维抗压强度达到 350 兆帕,使用温度达到 400℃ 以上并在大型飞机和导弹的主结构件中得到大量应用,减重效率达到 25% 以上;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,如纳米技术与先进制造技术的融合和发展将产生体积更小、集成度更高、更加智能化、功能更优异、环境更友好的器件和系统。面对资源、环境和人口的巨大压力,世界各国都在调整新材料技术和产业的发展战略,材料的绿色化趋势日益显著,欧美等发达国家已经通过立法要求必须或鼓励使用 LOW-E (low-emissivity) 等节能玻璃,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%。短流程、少污染、低能耗、绿色化生产制造,节约资源以及材料回收循环再利用,是新材料产业满足经济社会可持续发展的必然选择^[12]。

(五) 新科技革命给新材料产业带来机遇和挑战

2011 年美国发布了“材料基因组计划”(Materials Genome Initiative, MGI),并将该计划作为国家性“运动”积极地展开,借以保持和提升美国新材料的技术优势,促进其制造业的复兴^[13]。“材料基因组计划”是美国“先进制造业伙伴关系”(Advanced Manufacturing Partnership, AMP)的重要组成部分,其目标是集成各个尺度的计算模拟工具、高效实验手段和数据库,把材料研发从传统经验式的“炒菜”法提升到高效率的“设计-验证”法,从而大大加快材料的研发速度、降低材料的研发成本、提高材料设计的成功率,帮助美国企业把发现、开发、生产和应用先进材料的速度提高到目前的两倍以上。美国政府在当前财政窘迫的背景下推出这项计划是由于现代材料领域的发展正面临严峻挑战,新型材料可以帮助解决新能源等很多紧迫的问题,而新型材料从发现到进入市场耗时太长。当前材料领域的发展模式是直线型的,这样的时间跨度平均是 18 ~ 20 年。而“材料基因组计划”旨在通过利用计算机技术的进步,直接面向最终的应用需求,根据量子力学基本原理,从原子尺度出发,进行新型材料的设计,配合快速的实验合成和检测手段,优化新材料性能,大大加速新材料从发现到走向市场的步伐,从而从根本上改变材料领域的发展模式。美国“材料基因组计划”一经提出,立刻在世界上引起巨大关注,各国纷纷出台与之相应的计划。例如,印度在 2011 年 7 月 5 日选择新型电池材料推出了印度版本的“材料基因组计划”。