

热点追踪

国际新材料政策与计划研究

朱宏康¹, 谷 宾², 刘书惠¹

(1. 西北有色金属研究院, 陕西 西安 710016)

(2. 北京航空航天大学, 北京 100191)

摘 要: 材料是社会进步的物质基础, 新材料是现代高新技术发展的先导和基石, 材料技术的创新和新材料的发展对国家材料工业升级换代、创建国际竞争新优势、促进国家经济繁荣具有重要意义。世界各国历来重视材料, 特别是新材料的发展。本文概括性介绍了近年来国际上与新材料研发相关的政策与计划, 如欧洲的使能技术、美国的材料基因组计划、先进制造计划、德国的工业 4.0 计划、以及中国的新材料政策与计划, 包括“中国材料基因组计划”和“中国制造 2025”计划。通过研究国际新材料政策与计划, 分析国际新材料未来发展趋势, 以期对我国政府、科研院所及高校布局未来新材料研发方向、构建学科建设和培养人才起到一定的指导作用, 推动我国新材料科学及产业的自主创新和技术进步。

关键词: 新材料; 政策与计划; 材料基因组计划; 先进制造计划; 工业 4.0

International Policies & Programs on
R&D of Advanced MaterialsZHU Hongkang¹, GU Bin², LIU Shuhui¹

(1. Northwest Institute for Nonferrous Metal Research, Xi'an 710016, China)

(2. Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract: Materials are the basis of social progress, while advanced materials work as the forerunner and foundation for development of modern high technologies. As a result, the world has always attached great importance to materials, especially the development of advanced materials. This article researches on the policies and programs related to advanced materials in recent years in the world, including the Enabling Technologies in Europe, Materials Genome Initiative and Advanced Manufacturing Partnership in USA, Industry 4.0 in Germany as well as China Intelligent Manufacturing 2025. By tracking these programs, the article captures the latest progress and highlights of advanced materials R&D in the world, expecting to provide guidance for policies-making in the governments, layout of future materials R&D direction in research institutions as well as curriculum design and talents cultivation in universities, and promote innovation and technological progress in advanced materials science and industry.

Key words: advanced materials; policy & program; Materials Genome Initiative; Advanced Manufacturing Partnership; Industry 4.0

1 前 言

世界各国历来重视材料, 特别是新材料的发展。美国、欧洲、日本等发达国家和地区将新材料的发展作为国家科技发展战略的重要组成部分。我国也正在培育和发展新材料产业, 这对于传统产业转型升级, 实现材料大国向材料强国转变具有重要意义。

美国处于世界科技的领先地位得益于对新材料研究的重视。长久以来, 美国科研的主导方向是为国防领域服务, 所以材料研究与开发主要集中在国防和核能领域, 这使得美国航空航天、计算机及信息技术等行业的相关材料应用得到迅速发展。1991 年, 美国提出了通过改进材料制造方法、提高材料性能来达到提高国民生活质量、加强国家安全、提高工业生产率、促进经济增长的目的。自此美国科技政策向军民结合调整。在已发表的第一份国家关键

技术报告中, 美国就将新材料列为所提出的对国家经济繁荣和国家安全至关重要的 6 个领域之首。从克林顿时期、小布什时期到现在的奥巴马政府, 美国都将新材料发展置于国家战略高度, 比如克林顿时期制定的未来工业材料计划(IMF)、小布什时期制定的氢燃料电池研究计划(HFI), 以及奥巴马时期提出的材料基因组计划(MGI)等等。

日本在国际竞争中能够长期处于领先地位, 也得益于其强大的材料科技, 特别是在半导体材料、电子材料、碳纤维复合材料及特种钢等领域取得的成就。日本在其第二个科学技术基本计划(2001 年~2005 年)中就曾提到要优先发展生命科学、信息通信、环境科学以及纳米技术与材料等领域。第三个科学技术基本规划(2006 年~2010 年)中仍然将纳米技术与材料确定为国家级优先发展的领域之一。日本政府发布的《日本产业结构展望 2010》将包括高

温超导、纳米技术、功能化学、碳纤维、IT 等在内的 10 大尖端新材料技术及产业作为新材料产业未来发展的主要领域。2014 年 2 月,日本最大的碳纤维供应商——东丽公司制定了中远期碳纤维计划“AP-G 2016”,东丽公司将在“项目 AP-G 2013”的基础上扩大逐渐增长的支柱业务领域和地区,利用其综合优势,彻底实现绿色创新的业务扩展(GR)计划、亚洲和新兴国家的业务扩展(AE)计划和总成本降低(TC-II)计划,以增强其竞争力。

俄罗斯也始终把发展新材料相关技术产业作为国家战略和国家经济的主导产业。《2030 年前材料与技术发展战略》发布的 18 个重点材料战略发展方向,其中包括智能材料、金属间化合物、纳米材料及涂层、单晶耐热超级合金、含铌复合材料等等,同时还制定了新材料产业主要应用企业的发展战略。

2 国际新材料政策与计划

2.1 欧盟的关键使能技术(KETs)

“Enabling Technology”一词在国内通常翻译为“使能技术”。目前业界没有严格的“使能技术”相关定义。一般而言,“使能技术”是指一项或一系列的应用面广、具有多学科特性的关键技术。这些关键技术能够被广泛地应用在各个产业中,并能协助现有科技作出重大进步,在政治和经济上产生深远影响。“使能技术”具有差异性,主要表现为 3 个方面:①地域差异。各国根据自身经济、科技、产业基础,结合各自国家发展目标,认定本国所需重点发展的“使能技术”。因此各国的关键“使能技术”是不同的。②层次差异。有多项“使能技术”支撑信息技术,而在宏观角度,信息技术本身就是“使能技术”。③领域差异。此外,“使能技术”之间具有关联性,会交织或部分重叠。越是宏观层面,这一特点越是明显。2009 年 9 月欧盟委员会公布的一份名为《为我们的未来做准备:发展欧洲关键使能技术总策略》的文件,将纳米科技、微(纳)米电子与半导体、光电、生物科技及先进材料等 5 大科技认定为关键使能技术(KETs)。欧盟委员会指出,KETs 的技术外溢效益和其所产生的加成效果,可以同时提升其它领域的发展,如通信技术、钢铁、医疗器材、汽车及航天等领域,因此对欧盟地区未来的经济持续发展有着重大的影响,也有助于面对社会与环境的重大挑战,提高欧盟在未来 10 年的国际竞争力。

2.2 德国工业 4.0

为了确保德国制造业的未来,德国近年提出了具备实施战略主动权的第 4 代工业模式(Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industries 4.0)。

前三次工业革命是由机械化、电力和 IT 带来的成果。现在,将物联网和互联网服务引入生产环节,正迎

来第四次工业革命。未来,企业将建立涵盖自身业务的机械、仓储系统及生产设施在内的全球信息物理系统(Cyber-Physical Systems, CPS)。这些信息物理系统包括智能机械设备、仓储系统和生产线,它能够独立自动地交换信息、彼此独立地控制生产设施。这有利于参与制造、加工、材料使用以及供应链和生命周期管理的工业流程。

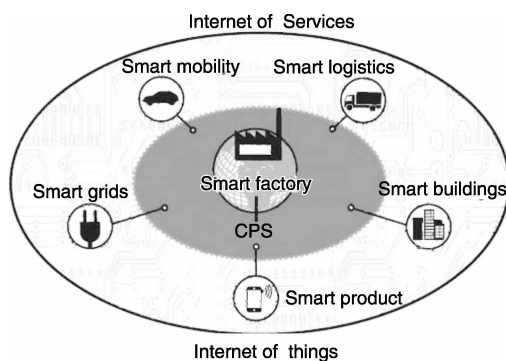


图1 智能工厂作为物联网和互联网的一部分

Fig. 1 Smart factories as part of the Internet of Things and Services

第 4 代工业模式拥有巨大的潜力。已建成的智能化工厂开始采用一种全新的方式进行生产。所生产的智能产品是指那些可识别的、可定位的新型商品。这些商品在任何时间,都可以追溯到它的制造历史、现状和替代路线,并可以实现它们的目标状态。智能工厂还可以满足客户的个性化要求,也就是说,即使仅仅生产一件产品,也都可以实现。并且在第 4 代工业模式下,即使在最后一分钟改变动态业务和作业流程都可以实现生产,能灵活应对供应商的不同需求和特殊要求。这种在制造过程中从终端到终端的透明度,有利于决策的优化。工业 4.0 模式还是创造产业及新业务模式的新途径。特别是为初创企业和小企业的发展提供更多的机会,推进向下游服务。

此外,第 4 代工业模式将能够处理和解决一些当今世界面临的诸如资源和能源利用效率、城市生产和人口结构变化带来的挑战等诸多问题,在整个价值网络内持续提高资源生产力及效率。它允许组织运作时,将人口变化和社会因素考虑进去。智能辅助系统将人工从执行例行任务中解放出来,使他们能够专注于从事创新、创造价值等活动。

2.3 美国先进制造伙伴关系计划

制造工程领域的全球竞争越来越激烈,德国并不是惟一认识到在制造行业部署物联网和互联网服务发展趋势的国家,美国早些年即通过了“先进制造”计划(Advanced Manufacturing Partnership)来促进工业智能化。

美国 2011 年 6 月发布的《先进制造伙伴关系计划》旨在加强政府、高校及企业的合作,并强化美国制造业。其 4 个子计划包括:①提高美国国家安全相关行业的制造业水平;②缩短先进材料的开发和应用周期;③投资下一代机器人技术及开发创新;④能源高效利用的制造工艺。

2012 年 7 月,美国《先进制造伙伴计划的升级版》旨在确保美国在新兴技术方面的领先地位、创造高质量的工作机会并加强美国的全球竞争力。计划建议促进创新、巩固人才培养、改善经营环境、增加尖端技术研发资金。其中尖端技术研发领域包括:传感、测量和过程控制,先进材料设计、合成和加工,可视化、信息和数字化制造技术,可持续制造,纳米制造,柔性电子产品制造,生物制造和生物信息学,增材制造,先进的生产和检测设备,工业机器人以及先进的成型和焊接技术。

事实上,美国实验室的许多研究成果还没有被迅速转化为产品。许多新技术不能快速商业化,是因为私营企业,尤其是中小企业,往往没有足够的技术力量和资金进行早期投资。研究和制造之间的阶段是一个企业发展中最困难的时期,通常被称为“死亡之谷”。基础研究和最新发现往往是好奇心的驱使,其目标往往是验证一个想法。相反,制造业活动却是竞争、集中和系统的,需要规模化的高产量、高质量、低成本的产品和工艺。

为了使美国成功地将创新成果转变为产品制造及应用,《先进制造伙伴计划 2.0》规划建设制造业创新国家网络(MIIS),在大学和国家实验室基础研究和生产企业,特别是中小企业之间建立桥梁。这些创新成果研究所将提供技术开发、教育和人员培训。制造业创新国家网络的 45 个制造所已经建成有:增材制造创新所(Ohio, 2012 年)、下一代电力电子制造创新研究所(北卡罗来纳州立大学、能源部——宽带隙半导体材料技术部)、美国轻质材料制造创新研究所(密歇根大学、俄亥俄州立大学和国防部——向陆海空交通部门提供规模化商业化的高强钢、钛、铝、镁合金)、数字制造与设计创新所(Chicago, 2014 年)和先进复合材料制造创新所。

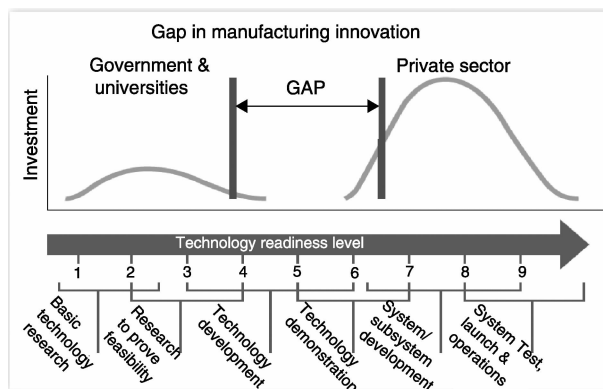


图 2 制造创新:投资间隙

Fig. 2 Manufacturing innovation: investment gap

2.4 美国材料基因组计划

美国提出的再工业化或复兴制造业,不是简单地重回传统的制造业,他们所谓的制造业多半是基于高新技术支撑的先进制造业。先进制造离不开先进材料的支持,而材料基因组计划(Materials Genome Initiative for Global Competitiveness, MGI)的实施无疑会对此起到重要作用。

MGI 通过众多利益相关者的共同努力建立一个基础设施,来加快先进材料在美国的发现和和应用。新材料快速应用的障碍是材料目前的创新研究流程,包括从新材料概念提出到市场应用的一系列过程。这些过程主要包括 7 个独立的阶段,每个阶段由不同院所的不同团队完成。尽管都是经验丰富的团队,但不同阶段之间,各团队相互反馈交流的机会很少,因而影响了全流程的加速。MGI 将开发一个全新的研究范式所必需的工具,利用该工具强大的计算分析将减少对物理实验的依赖。改进的数据共享系统和整合的工程团队会让设计、系统工程和制造业活动相互交迭、互动。这种新的整合设计结合了更大量的计算和信息技术,利用数学模型和计算模拟取代昂贵费时的经验研究,将显著加快材料应用的时间和数量。

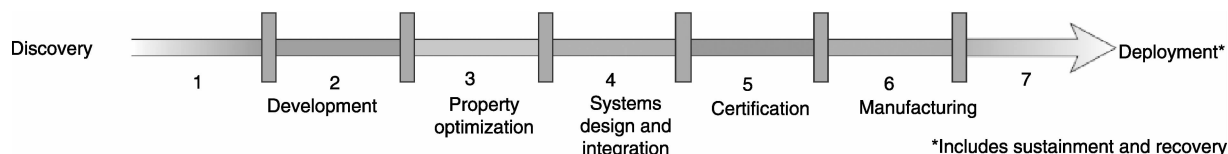


图 3 传统材料研发流程

Fig. 3 Materials development continuum

MGI 的内容主要包括开发材料的创新基础设施(计算工具、实验工具和数字数据库)、实现先进材料的国家目标(为了国家安全的材料、为了人类健康和福利的材料、清洁能源系统材料)以及装备下一代材料的力量。

在美国启动 MGI 的同时,欧盟以轻量、高温合金、高温超导、热电、磁性及热磁和相变记忆存储等 6 类高性能合金材料需求为牵引,推出了“加速冶金学”(Accelerated Metallurgy, ACCMET)计划项目。项目组织了包括

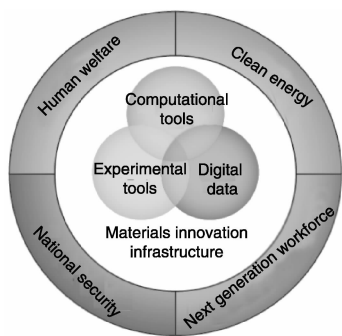


图4 材料基因组计划所包含内容

Fig. 4 Initiative overview

材料应用企业、仪器设备商、政府机构、大学、科学装置(如欧洲同步辐射光源 ESRF)等几十家单位参与,共同开发以激光沉积技术为基础的适用于块体合金材料研发的高通量组合材料制备与表征方法,对数以万计的合金成份进行自动化筛选、优化,旨在将合金配方研发周期由传统冶金学方法所需的5~6 a缩短至1 a以内。

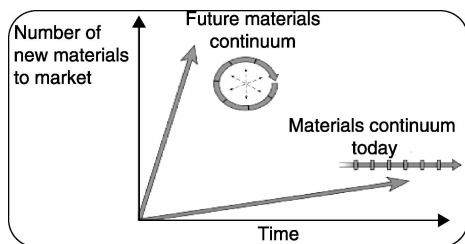


图5 MGI加速材料研发流程

Fig. 5 Initiative acceleration of the materials continuum

日本也建立了玻璃、陶瓷、合金钢等领域材料数据库和知识库,还尝试通过专家系统的建立促进其协同创新能力。俄罗斯最先进的联邦纳米技术研发中心——Ulnanotech,通过引进美国 Intermolecular 公司完整的高通量研发技术平台,较快地完成了其高通量材料研发能力的建设。

3 中国的新材料政策与计划

中国也提出了中国版的材料基因组计划,宗旨是“一个整体、多个层次、协同创新”。一个整体即组建全国性的包括材料计算、材料学实验和数据库三位一体的“材料基因组研究中心”,打造全国性的“材料创新基础设施”;多个层次即发挥中央和地方政府多方面的积极性,既有政府的引导作用,也有企业的主导作用;协同创新即计算、实验、数据库三要素协同;材料“发现-研发-生产-应用”各个环节的协同;“官、产、学、研、用”的协同。

同时,针对美国先进制造和德国工业4.0计划,中国也提出了“中国制造2025”规划。中国将顺应国际“互联网+”的发展趋势,以体现信息技术与制造技术深度融

合的数字化、网络化、智能化制造为主线,重点发展新一代信息技术、高档数控机床和机器人、航空航天装备、海洋工程装备及高技术船舶、先进轨道交通装备、节能与新能源汽车、电力装备、新材料、生物医药及高性能医疗器械、农业机械装备等10大领域,实现由要素驱动向创新驱动转变,由低成本竞争优势向质量效益竞争优势转变,由资源消耗大、污染物排放多的粗放制造向绿色制造转变,由生产型制造向服务型制造转变。实行8大战略对策:①推行数字化网络化智能化制造,②提升产品设计能力,③完善制造业技术创新体系,④强化制造基础,⑤提升产品质量,⑥推行绿色制造,⑦培养具有全球竞争力的企业群体和优势产业,⑧发展现代制造服务业。围绕创新驱动、智能转型、强化基础、绿色发展、人才为本等关键环节,力争到2025年从制造大国迈入制造强国行列。

新材料作为“中国制造2025”规划锁定的10大领域之一,将迎来更强劲的发展机遇。

中国即将出台的新材料“十三五”规划重在对相关产业的配套支持,助力早日实现“一代材料、一代器件、一代系统”的设计理念。比如,基于石墨烯的“特斯拉”效应,产业渐行渐近,已被列入“十三五新材料规划”。

4 结语

中国科技发展确定的总体目标是自主创新能力显著增强、前沿技术研究综合能力显著增强、在世界上取得具有重大影响的科学技术成果、中国在此期间进入创新型国家行列。这无疑需要政策的扶持和政府的大力引导。我们只有跟上国内外行业发展趋势,重视新材料和新技术方向和新工艺方法,才能实现跨越式发展,从材料大国向材料强国迈进。(DOI: 10.7502/j.issn.1674-3962.2015.04.09)

参考文献 References

- [1] Communication Promoters Group of the Industry-Science Research Alliance. *Final Report of the Industrie 4.0 Working Group—Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0* [R]. Germany: National Academy of Science and Engineering, 2013.
- [2] John P Holdren. *Report to The President on Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing* [R]. USA: President's Council of Advisors on Science and Technology, 2011.
- [3] John P Holdren. *Report to the President on Capturing Competitive Advantage in Advanced Manufacturing* [R]. USA: President's Council of Advisors on Science and Technology, 2012.
- [4] John P Holdren. *Materials Genome Initiative for Global Competitiveness* [R]. USA: National Science and Technology Council, 2011.

(编辑 王 方)