

中国新材料产业“十三五”发展的重要方向

文 / 屠海令 陈思联 李腾飞 翁端 马飞

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。新材料是工业产品质量升级换代的保证、产业技术创新的前提，同时也是其他战略性新兴产业发展的基础。“十二五”以来，在国家政策积极引导和产业内在发展动力的推动下，中国新材料产业不断发展壮大，在体系建设、产业规模、技术进步等方面取得明显成就，正处于由大到强的关键时期，并将在新一轮科技革命和产业变革中扮演重要角色。

本文阐述“十三五”期间产业发展的方向，同时提出发展中国新材料产业的相关建议和政策取向，希望能给读者提供有益的参考作用。

一、中国新材料产业发展的重要方向

面对未来新一轮世界科技革命与产业变革和中国经济社会发展方式转型升级交汇的关键机遇期，必须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的创新与应用，遴选支撑经济社会发展和国防工业发展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。在未来的发展过程中，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、新能源及环境、生物和健康以及智能制造等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。

为此，有必要规划新材料竞争力提升工程、协同应用工程、升级换代工程及前沿新材料先导工程，同时完善新材料产业发展的整体环境，进一步推动新材料产业做优做强，为其他战略性新兴产业提供强有力的支撑。

1. 新材料竞争力提升工程

新材料竞争力提升要围绕微电子制造材料、高效及低成本 LED 照明材料、高质量及大尺寸功能晶体、新型显示材料、宽禁带半导体材料、高性能智能与传感材料、太阳能用材料、

新一代动力电池材料、节能玻璃材料、膜材料、高端稀土永磁材料、陶瓷片式元件及其集成器件用材料、新型生态环境材料、可促进组织再生的医用生物材料、高纯超细陶瓷粉体和先进结构陶瓷材料、高性能耐火材料、生物基材料、高性能碳纤维及其复合材料、关键材料制造装备等发展重点，集中攻克关键材料研发、生产和应用技术关，提高材料的性能一致性和服役可靠性，解决产品稳定性较差、高端应用比例低、关键装备自给率不足等问题，为加强新材料产业健康发展、扩大高端应用奠定基础。

(1) 微电子制造材料。突破 300 毫米硅片的关键技术的规模产能，满足 14 纳米线宽集成电路应用要求；突破 450 毫米硅单晶材料生长和 FDSOI (fully depleted silicon on insulator, 即全耗尽型 SOI) 片制备的关键技术；4~6 英寸 (1 英寸 ≈ 2.54 厘米) SiC/GaN 材料实现批量商业应用；铅铋系高 k 材料和配套栅极材料得到商业应用；突破海量存储材料工程化技术，实现小批量试用；实现磁性随机存储器 (magnetic random access memory, MRAM) 批量生产。

(2) 高效、低成本 LED 照明材料。解决“两高一低”的技术问题，应从产业链的主要部分，即衬底、外延、芯片、封装和应用等方面提出协同解决方案。着力研究突破大尺寸宽禁带半导体单晶材料和加工技术，高效率、低成本 LED 外延 / 芯片开发技术，高效 LED 封装和智能灯具设计、开发技术等。大力发展 LED 照明新技术能有效提升产品性价比和市场竞争力，实现低碳节能照明、环保照明。

(3) 高质量、大尺寸功能晶体。突破大尺寸、高质量激光、非线性光

学、压电、闪烁及其他功能晶体制备关键技术，满足国家重大工程、通信和电力等产业需求，发展医疗和安全检测等仪器产业，打破国外垄断，形成有中国自主知识产权的功能晶体和相关装备的高附加值产业体系，带动产业发展。

(4) 新型显示材料。突破可印刷半导体 / 纳米功能 / 电光材料、印刷显示基板材料、印刷工艺技术、高可靠性红绿蓝光半导体激光的材料和芯片制备 / 封装与集成应用、超广角光学成像设计与批量制造关键设备及工艺等领域的关键技术。

(5) 宽禁带半导体材料。发展面向高电压及大容量智能电网、轨道交通等重大需求的 SiC 材料和电力电子器件；面向低成本、高性能民用需求的 GaN 材料和电力电子器件；面向移动通信重大需求的 GaN 材料和射频电子器件；面向智能化、多样性的超越

传统照明的 GaN 光电子材料和器件。

(6) 高性能智能与传感材料。主要包括磁致伸缩材料、形状记忆材料和高性能自旋传感材料制造新技术。重点研制具有源头创新的新型巨磁致伸缩材料。通过材料晶体生长取向控制、材料相组成和组织组成控制，实现材料性能的高度均匀性和不同批次材料性能的高度一致性，形成规模化生产。形状记忆材料制备新技术应重点开展合金个性化设计与制造等技术研究，着力突破介入支架、人工关节、骨修复等新型医用材料的设计及制造等技术瓶颈。传感材料制造技术应重点研发符合物联网应用需求的自供电无源传感终端技术，突破核心敏感材料、器件封装等关键技术。大力发展高性能智能传感材料与可穿戴设备制造新技术 (图 1)，加强自旋电子学材料和器件的研发与产业化，为智能社会提供支撑。



图 1：智能穿戴设备

(7) 太阳能用新材料。以硅基光伏和光热用关键材料为重点，完善多晶硅产业化技术和装备，发展多晶硅制备新技术，提高并稳定多晶硅品质，降低能耗，强化多晶硅副产物综合利用。发展高性能大尺寸晶硅、超薄型硅片及其低成本电池制备技术和

装备；发展高效率、长寿命非晶硅 / 微晶硅等薄膜电池制备技术和装备。发展高效率、长寿命真空集热管及材料产业化关键技术和装备。研发先进太阳能利用新材料和新技术，为实现中国向太阳能生产强国转变提供技术支撑。

(8) 新一代动力电池材料。突破锂离子电池用新一代高比容正极材料等关键材料的产业化工艺与装备技术,掌握高比容量、高电压类正极材料和硅基复合负极材料的关键技术,以及高安全性电解质和隔膜材料制备技术,形成高比能锂离子电池的材料体系,至2020年新型锂离子电池单体比能量提高到350瓦时/千克。突破燃料电池用高电导率的质子交换膜材料、耐腐蚀金属双极板、高性能膜电极制备技术,开发氢储存与运输技术,推进氢燃料电池的广泛应用;开展适合碱性膜燃料电池的催化剂材料、碱性阴离子交换膜材料研制,开发下一代低成本燃料电池技术;制定燃料电池及氢储存、运输相关标准。

(9) 节能玻璃材料。突破节能玻璃的关键技术,研究低辐射镀膜玻璃、阳光控制镀膜玻璃、光谱选择性高效且超低能耗镀膜玻璃、外场响应(光致变色、电致变色、热致变色)智能节能玻璃等制备和性能优化技术;开发以化学气相沉积为代表的低能耗、低成本浮法在线低辐射镀膜工程化技术和以磁控溅射为代表的高性能离线低辐射镀膜工程化技术;发展真空节能玻璃产业化技术。

(10) 膜材料。突破高性能海水淡化膜材料、低成本陶瓷纳滤膜材料、有机纳滤膜材料、高强度PVDF膜(即聚偏二氟乙烯膜)材料制备技术,使其具备国际竞争力;另外,在海水淡化、城市污水处理及回用、自来水安全等涉及民生的行业实现规模化应用,保证人民用水安全;此外,在油田、印染、焦化、发酵等大型排污行业实现污染物减排和水回用,大力推进上述行业绿色发展。

(11) 高端稀土永磁材料。研究

开发高性能、高服役特性的低钕、低重稀土、混合稀土烧结钕铁硼材料与纳米复合永磁材料;掌握新型钕稀土永磁体、极端环境稀土永磁材料、稀土黏结磁粉及磁体和特高温钕钴永磁体的制备技术,突破稀土磁致伸缩材料及器件、磁致冷材料及器件、超高性能稀土磁性功能材料的工程化制备和应用技术。

(12) 陶瓷片式元件及其集成器件用材料。突破纳米晶陶瓷烧结技术、低损耗陶瓷介质低温共烧技术,掌握高性能小尺寸多层陶瓷电容器、低温共烧陶瓷材料的制备技术。

(13) 新型生态环境材料。开发符合中国材料行业实际情况的材料全生命周期清单建库方法与环境影响评价模型,建立材料生命周期环境负荷属性与材料性能的交互模式及其综合环境负荷-性能表征体系。发展外保温系统A级不燃材料产业和应用技术体系;开发电子废弃物中废弃金银铂等贵金属的高效循环关键材料技术、废弃钴镍铜等中国稀缺金属的循环再造关键材料技术、电子废弃物高效拆解工艺技术及装备等,形成具有自主知识产权的电子废弃物(包括废旧电池)金属高性能循环再造材料的核心技术和标准体系。

(14) 可促进组织再生的医用生物材料。突破组织诱导性生物材料设计和制备的工程化技术,在具有自主知识产权的骨诱导性人工骨取证实现产业化的基础上,突破软骨、神经、肌腱、角膜等非骨组织诱导性材料及一批结构组织的组织工程化制品的制备技术;作为前沿技术储备,着手组织工程化人工肝、肾、牙等人工器官再生设计和制备技术研究。

(15) 高纯超细陶瓷粉体和先进

结构陶瓷材料。攻克Al₂O₃、SiC和Si₃N₄(氮化硅)等高纯超细陶瓷粉体的规模化制备关键技术,实现粉体的批量供货,替代进口产品,支持相应先进结构陶瓷产品的工程化研制与产业化。突破先进结构陶瓷材料关键构件批量制备的成型、烧结与加工及凝胶注模成型技术和增材制造等关键技术;掌握薄带连铸薄壁类管件等的低压反应热压烧结成型、挤出成型等关键技术,在国家重大工程和国防建设方面形成自主保障能力。掌握自主知识产权,实现批量化生产,形成具有核心竞争力的产业。

(16) 高性能耐火材料。开发以高铝矾土、菱镁矿、石墨、石英、蓝晶石、镁橄榄石等为代表的中国优势非金属矿产资源高效综合利用的关键技术;以中低品位矿物资源为主要原料开发高性能免烧氧化物-非氧化物复相耐火材料;开发支撑先进冶金技术和高温工业需求的高性能耐火材料、高强度节能隔热保温耐火材料及轻质节能型窑具耐火材料技术以及环境友好且生态安全的高性能耐火材料技术,开展耐火材料全寿命期可靠性计算机仿真和模拟及预测研究。

(17) 生物基材料。攻克原料“非粮化”和材料性价比合理化的技术难题,进而实现产业化和在市场机制下的持续发展。开发新型高效催化剂及生物质高效转化技术,突破生物基材料原料单体和聚合物的工程化制备技术及成型加工技术,实现规模化应用。开发可用于农田地膜和包装的新型生物基聚合物材料及加工工艺;突破经济可行的可生物降解二氧化碳基塑料规模化制备和改性关键技术。

(18) 高性能碳纤维及其复合材料。开展国产碳纤维碳/碳复合材料的低

成本化技术、极端服役用碳/碳复合材料制备技术、检验检测与质量控制技术攻关,突破国产碳纤维碳/碳复合材料研发和工程化的瓶颈问题;实现军用高端碳/碳复合材料和民用高性能、低成本碳/碳复合材料的工程化批量应用,满足大飞机工程、先进飞行器工程等国防现代化和国民经济建设对高性能碳/碳复合材料的需求;推动碳/碳复合材料生产制造向高端技术、高端品牌方向发展,实现碳/碳复合材料产品系列化、产业规模化,满足航空航天、能源、交通、建筑等领域的需求。

(19) 关键材料制造装备。加快突破关键材料制造装备的制备关键技术和核心部件的制备关键技术,积极推进装备与系统的工程化、产业化应用,建设覆盖研发设计、装备制造及技术服务的完整产业体系,为材料的研发和生产提供有力支撑。

2. 新材料协同应用工程

新材料协同应用工程主要是以新一代信息技术、航空航天、能源、交通、先进装备等重大工程需求为牵引,开展重点新材料协同应用示范,促进材料与终端产品的协同创新与发展。

(1) 高品质特殊钢。高品质特殊钢是指具有更高性能、更长寿命、环境友好、高附加值的特殊钢品种。为制备高强度、高韧性、长寿命的高品质特殊钢的制备需求,必须加强高效低成本洁净钢冶炼技术、新一代控轧控冷及在线热处理技术的研究与应用,重点研究开发汽车用高强度、高韧性的第三代汽车用钢;特殊船舶及海上钻井平台用低合金高强度钢板(F级,Z相钢);深井超高强度、超低硫含量、超高韧性和抗氢致裂纹(hydrogen-induced cracking,

HIC)管线钢;高速铁路的高强韧性钢轨、车轮、车轴及弹簧用钢;第三代核电用钢,风电主轴、轴承和齿轮等用钢以及超超临界火力发电机组的高温耐蚀钢;发电、输变电用高品质硅钢等的关键生产技术,为满足战略性新兴产业和国家重大工程需求、提升装备制造水平、促进节能减排做出贡献。

(2) 高温合金。高温合金按基体元素可分为镍基、铁基和钴基合金,按制备工艺分为变形、铸造和粉末冶金高温合金。高温合金具有优异的高温强度,良好的抗氧化和抗热腐蚀性,良好的疲劳性能、断裂韧性等综合性能,是航空发动机中不可替代的关键材料(图2)。重点研发高温合金锭的挤压开坯和盘件的等温锻造,用于定向凝固柱状晶合金、单晶合金和定向凝固共晶合金制造的高温梯度定向凝固技术,以及高纯洁度粉末涡轮盘制造技术;提高铌硅基合金抗氧化性的合金化和涂层技术。开发满足航空航天发动机的耐热腐蚀、长寿命、大尺寸的难变形高温合金盘件材料和耐热腐蚀、耐疲劳、高屈服强度的第三代、第四代低成本单晶高温合金产品,进一步提高高温合金的研发和应用水平,实现中国航空航天发动机的国产化。

(3) 新型有色金属合金材料。新型有色金属合金材料是指具有高强韧、耐高温、耐腐蚀和高导电率等优异综合性能的铝、铜、镁、钛、钨、钼等有色金属及合金材料。发展高洁净、高均匀性合金冶炼和凝固技术,大规格铸锭均质化半连铸技术,大型材挤压、拉伸与矫直技术,复杂锻件等温模锻、铝合金板材新型轧制、中厚板(80~200毫米)固溶淬火、预拉伸与多级时效技术;新一代高性能铜合金制备加工和应用技术,高性能铸造镁合金及高强韧变形镁合金制备与镁合金大型型材和宽幅板材加工、腐蚀控制以及防护技术;钛合金冷床炉熔炼、型材挤压、精密管棒丝材成型和残料回收技术;钨、钼等难熔金属的高压熔凝方法。实现新型合金材料的更新换代和全面国产化,进一步支撑中国航空航天、新一代信息技术、现代交通运输业和国防工业的发展。

(4) 特种陶瓷纤维与先进陶瓷基复合材料。攻克BN(氮化硼)等高性能陶瓷连续纤维工程化制备关键技术,突破第二代SiC陶瓷纤维的工业化生产关键技术,实现大批量生产;突破SiBCN(硅硼碳氮)陶瓷纤维的小批量制造关键技术,建成工程化制备验证线;突破短纤维增强陶瓷基复合材料(如Cf、SiCf、SiBCN等)与

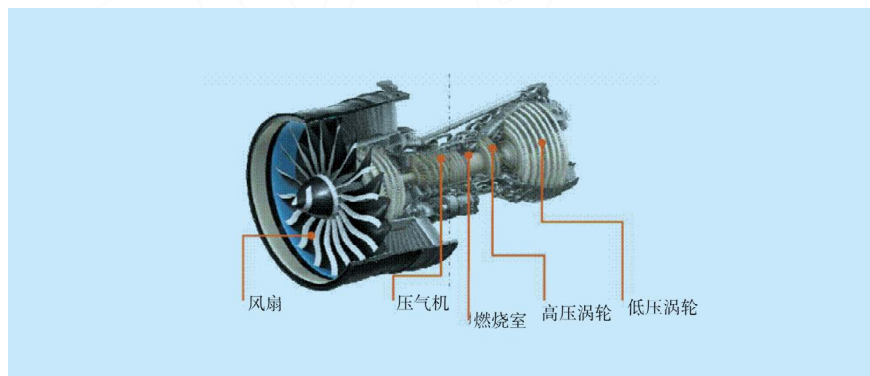


图2：应用于航空发动机的高温合金

典型构件的成型烧结关键技术，攻克连续纤维编织体增强先进陶瓷基复合材料（如 SiCf/SiC、BNf/Si₃N₄ 等）的航空航天防热与高温结构部件的批量制备关键技术，形成自主知识产权的成套装备能力，装备性能与国际水平相当；建立特种陶瓷纤维与陶瓷基复合材料质量检测技术体系和标准；进一步增强中国陶瓷基复合材料产业的技术创新能力和产业化技术水平，以满足国家安全及重大工程的需求。

（5）下一代高性能增强纤维材料。

研制拉伸强度大于 7000 兆帕及高抗压压缩的下一代高性能碳纤维、高模量高强度有机高性能纤维、高性能碳纳米管及其纤维增强材料，突破下一代高性能碳纤维原丝制备及碳化工艺技术、高强高模有机纤维聚合物合成及纺丝工艺技术、高性能碳纳米管批量制备技术及其纺纱工艺技术，大跨度提高复合材料力学性能，使复合材料向高性能化方向持续发展，满足下一代飞行器结构轻量化和多功能化的需求。

（6）超高韧性耐高温树脂基复合材料。研制下一代超韧性环氧树脂基复合材料，突破高韧性环氧树脂基体增韧技术及其与高性能碳纤维的复合工艺技术，实现复合材料的减重效率至 35% 以上。研制长期使用温度 250℃ 以上的高韧性耐高温聚酰亚胺复合材料，突破高温高韧性聚酰亚胺树脂基体的合成技术、预浸料批量稳定制备技术及其复合材料大尺寸构件的成型工艺技术，满足高超音速飞机的发展需求。研究耐温 450℃ 以上的有机无机杂化树脂基体及其复合材料成型工艺，突破耐高温有机无机杂化聚合物分子的设计合成及其复合材料成型关键工艺，满足航空发动机及超

高音速飞行器等结构的需求。

（7）新型树脂基结构 / 透波和结构 / 隐身复合材料。研制多频透波和结构 / 隐身一体化的宽频吸波和透波复合材料技术及耐大功率密度结构 / 透波复合材料技术，满足先进装备电子对抗发展的需求。研制碳纳米管改性碳纤维增强树脂基复合材料，提高复合材料的导热导电性能，满足未来装备结构防雷击、防冰与电磁屏蔽等对结构 / 功能一体化复合材料的需求。研制中低密度轻质防热复合材料和空间用高模量超轻结构复合材料，满足新一代战略战术导弹和卫星的发展需求。

3. 基础材料升级换代工程

“加快基础材料升级换代”是深入贯彻落实“中国制造 2025”的重要任务，通过重点基础材料的设计开发、制造流程及工艺优化等关键技术和国产化装备的重点突破，实现钢铁、有色金属、石化、轻工、纺织、建材及特色资源等重点基础材料的高性能、高附加值、绿色高效低碳生产，促进基础材料的性能改进和升级换代。

（1）钢铁材料。重点研究高品质特殊钢、船舶与海洋工程用钢、交通与建筑用钢、能源用钢等钢铁材料的强韧化机制与高可靠长寿命机理，突破高洁净度冶炼、均质化与组织精细化控制，构建绿色化与智能化钢铁流程，完善评价标准体系，实现关键技术及典型品种示范应用，形成中国钢铁材料品种、生产、应用、评价与标准规范体系，显著提高材料的质量稳定性、可靠性和适应性，满足经济建设、重大工程及高端装备制造等需求。

（2）有色金属材料。开展有色金属材料新型强化相 / 功能相设计和微观组织全过程协同控制研究，重点突

破有色金属材料的先进凝固—冷 / 热变形加工—强韧化热处理等全流程制备加工，以及复杂结构件成型—残余应力消减—异质金属连接—表面处理等工程化应用技术，着力发展一批新型大规格高性能轻合金材料、高精度铜及铜合金材料、高纯稀有 / 稀贵金属、粉末冶金难熔金属及硬质合金材料等大宗高端产品。

（3）石化材料。重点研究石化材料介观尺度的分子混合、材料的构效关系；重点突破新型高效催化、分离和过程强化关键技术；着力发展基础化学品的绿色制备、合成树脂的高性能化、特种高端石化材料等制备技术，解决石化材料低端产品严重过剩、高端产品严重依赖进口、环境风险大、资源瓶颈制约等突出问题，使石化材料制备技术与产品性能显著提升。

（4）轻工材料。重点开展造纸、皮革等所用天然原料组分结构表征、高效分离和重组利用技术，塑料加工机理与流变学行为，工艺、形态与性能的关系模型，表面活性剂的催化体系、机理等关键技术的研究；突破新型高效分离与利用技术、轻工材料安全化技术、高效高值化加工技术等；着力发展轻量化技术与材料、环保新材料、短流程及高效制备工艺技术、高性能材料制造技术等，促进轻工材料向生产过程绿色化和高效化，产品功能化、生态化和高值化等方向发展。

（5）纺织材料。重点研究纤维材料制备全流程的智能化、纺织材料构效关系；重点突破差别化纤维高效柔性化制备，纺织材料功能与结构设计、精细化加工，以及纺织材料绿色制造等关键技术；着力发展差别化功能纺织材料、工程用纺织材料、生物基纺

织材料,实现纺织材料的高品质化、高功能化、差异化及生态加工,提升中国纺织服装自主品牌发展水平,支撑土工、建筑等产业领域发展需求。

(6) 建筑材料。重点研究建筑材料及制品高性能化设计和劣化演变规律等基础科学问题,突破材料物相匹配及结构优化设计、矿物形成反应热力学与动力学及过程控制、高端产品制造和智能化装备等共性关键技术,着力发展特种水泥、长寿命高性能混凝土、特种玻璃、先进陶瓷、环保节能非金属矿物等材料,满足国家重大基础建设工程需求、海洋开发与战略性新兴产业发展急需,带动建材行业技术提升和升级换代。

(7) 特色资源矿产的高效开发和利用。加强稀土、稀有金属、锂等特色资源的有效保护和高质化利用;开发特色资源的可再生循环利用技术,提高材料回收利用率;推广应用特色资源开采、冶炼分离、材料深加工的

智能化和绿色化工艺,为绿色制造提供应有的支撑。

4. 前沿新材料先导工程

前沿新材料先导工程要把握全球科技革命和产业变革发展方向,坚持原始创新,加强前瞻性研究,攻克核心技术瓶颈,获得一批重大技术成果。

(1) 石墨烯(图3)、碳纳米管等低维材料。开发石墨烯和碳纳米管的可控、规模制备及产业化关键技术,碳基电化学储能技术,碳基薄膜放量制备技术及高性能器件,碳基冷阴极功率型高频真空电子器件,碳纳米管数字集成电路,高性能柔性碳基薄膜电子器件;实现碳纳米材料在抗静电、散热、防腐蚀等各种功能涂层、导电油墨、导电和导热复合材料中的应用;发展高品质、低成本、高产率的绿色规模化石墨烯制备、分级、改性新技术及面向高性能器件(光电、微电子、光学、储能、导电、导热、生物传感等)、特种分离等重大应用的关键技术。

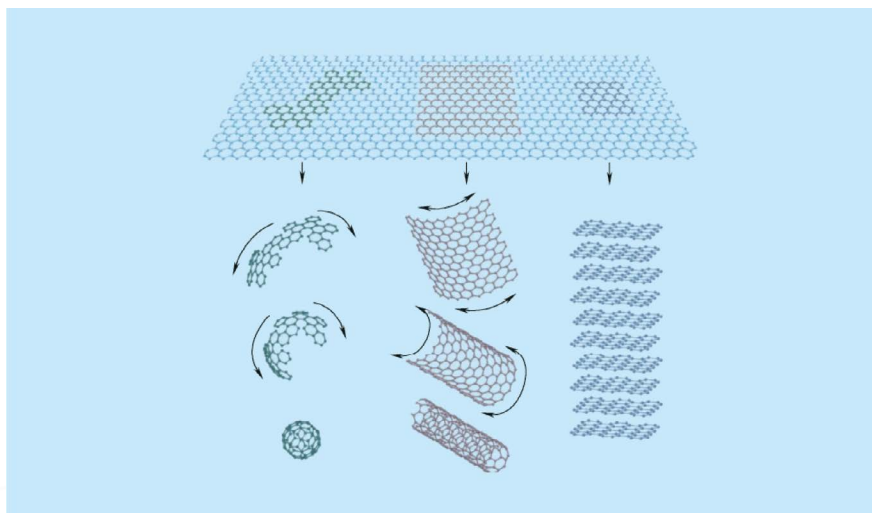


图3:石墨烯材料

(2) 超材料。超材料是一类具备超常物理性质的人工复合结构或复合材料,在微波通信、超分辨率成像、大容量存储介质、可选波长的滤波器、

电磁波隐身等领域均有广阔的应用前景。国外已开始在微波技术和光学领域探讨其应用,但目前超材料还要面对诸如结构强度、热学性能、环境性

能和制作工艺等方面的严峻挑战。近期,应开展光子晶体在光催化及污水处理方面的研究,加强超材料在卫星天线、公共 Wi-Fi、先进通信设备、新型滤波器、定向耦合器、特种天线及隐身技术方面的技术开发和实际应用。

(3) 超导材料。低温超导材料,包括 ITER(国际热核聚变实验反应堆)用 NbTi 和 Nb₃Sn 超导线材的规模化制备技术研究;MRI(核磁共振成像)用 NbTi 超导线材的批量化技术研究;NMR(核磁共振)用 Nb₃Sn 超导线材研制。开发第二代高温超导带材,包括千米级基带的无接触抛光技术、种子层的制备技术、氧化物隔离层的外延生长技术及高性能、低成本 YBCO(氧化钇钡铜)超导层制备技术等。研发新型铁基超导材料,提高载流能力,完善材料制备工艺和应用技术。开发 MgB₂(二硼化镁)超导线材批量化制备技术,实现 MgB₂ 千米长线的规模化生产。开展满足航空、航天及医疗设备要求的直接冷却大口径超导磁体制备技术研究,解决低温系统与磁体系统的集成关键技术。

(4) 前沿生物医用材料。当前生物材料科学与产业面临革命性变革。刺激机体发生特定生物反应,诱导组织或器官再生的生物材料是当代生物材料科学与产业的前沿,是未来 20 年左右产业的主体,有必要提前布局。应加强基础科学机理的研究,包括可诱导组织再生及智能生物材料的设计和分子机制、先进的制造方法学、通过体外或短期体内试验评价材料长期生物相容性与有效性的研究;同时加强前沿支撑技术的突破,包括生物 3D 打印技术、生物材料基因组平台、生物活性物质(蛋白、基因、细胞等)控释载体及系统等。

二、发展中国新材料产业的建议

未来有必要面向信息、高端装备与制造、绿色低碳、生物和数字创意产业及重大工程的需求，在机制体制方面给予新材料产业更有力度的支撑，进一步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，加快实现中国从材料大国向材料强国的转变。

1. 完善新材料产业化发展的整体环境

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，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”。加强国家各类研发计划与产业发展的衔接，鼓励民营资本投资新材料产业，深化加快出台混合所有制企业改革的政策，积极营造新材料产业发展科技创新、投融资等政策法规的整体环境。

2. 加强新材料产业发展的支撑基础


进一步加大对新材料制备和检测自动化设备的研发支持，集中力量开发提高产品质量、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创新，深化发展新材料的智能化制造技术。建设包括材料指标体系标准（融合生产与应用方）、材料试验体系标准（与指标对应）以及材料评价体系标准（试验有效性评价、材料性能评价、服役评价）的三大体系，形成具有系统性、多元性、先进性、适用性及动态性等特点鲜明、国际一流的材料与试验标准体系（Chinese Society of Testing Materials, CSTM）。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，逐步形成具有自主知识产权的材料牌号与体系，建立新材料结构设计/制造/评价共享数据库，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。

3. 推进新材料融入全球高端制造业供应链

抓住中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。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，加快发展具有国际竞争力的企业集团，集中力量培育和塑造中国名牌新材料产品。

4. 积极培养和引进创新人才

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，不断提升中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与评估，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。

本文选自《2017 中国战略性新兴产业发展报告》，中国工程科技发展战略研究院编，科学出版社，2016 年 11 月出版。文章标题为本刊编辑所加。