

十二五化工新材料若干发展趋势 (摘要)

邵立勤

国家新材料战略咨询专家委员会

科技部国家遥感中心

2010年10月

第一部介十二五新材料发展重点

一、我国材料领域的若干问题

1、关于材料领域的总体布局问题

我国材料领域长期以金属材料 and 半导体材料为主,其中又以高强高韧材料为重点,造成材料科技布局的失衡,也造成材料科技界某种程度的思路狭窄、手段单一。例如,思路上目前最强韧耐高温的材料恰恰不是钢铁或合金,而是碳、硼等材料。量大面广经济效益好的化妆品从没有国家项目支持,好象理所当然不需研究只能进口。

至少应该全面安排金属、无机非金属、高分子三大种类以及相应的材料科学研究,如果统计一下,可以发现有些材料从未在科技计划中安排过。

2、关于材料的研制和生产设备问题。

我国在材料装备方面缺乏强有力的财政支持和较好的发展机制。许多材料专家只能研制原理性的比较粗糙的设备或只利用现有的一般设备进行研究,这已极大地阻碍了材料领域的发展。几乎每一种材料相对而言都存在高档产品少、质量较差、经济利益较低的问题。重大工业成套装备、重要测量设备大量依赖于进口的局面没有根本改变。

3、材料长寿命问题

我们的重大工程、水库、桥梁、建筑和其它基础设施究竟能维持多久涉及大量的材料问题。如何提出金属材料寿命、混凝土材料寿命、高分子材料寿命要求,例如一千年、五百年,将激发材料学界深层次的思考和技术工艺、工程的革命。

4、材料的环境友好问题

环境问题已引起国际和公众的极大关注,迫切需要解决材料本身污染小、无毒性等问题,尤其是室内装修材料、化妆品、日常生活用品等。同时也要求材料冶炼、加工、成型技术能源消耗小、污染少。在这方面应该建立各种材料在各种条件下污染排放的数据库、健全评价方法,开展替代材料的研究。

5、材料的可循环使用问题

循环经济的理念要求对材料进行全生命周期的研究。重新回收和处理各种报废遗弃的材料并确保其再使用的质量和无污染是材料领域新的研究

课题。涉及的材料种类很广,钢铁、混凝土、玻璃、塑料、橡胶、电子电器等等。

6、材料的资源问题

铁矿石问题、稀有元素出口等早已敲响了关于材料资源问题的警钟。我们应该鼓励发展资源使用少或资源量很丰富的材料、替代紧缺原料和稀有元素的材料。

长远看,需要研究和从离子形成元素并自组装成材料的技术元素富集和成矿技术

7、高效率储能放能材料

夏天巨大的热能能否存储?各种形式分散的杂能能否存储和利用?晚上的低价电能能否存储到白天使用?这些都对能量的高效存储材料和器件提出了很高的要求。加强这方面的研究将会出现全新的技术领域,为国家作出大的贡献。

8、硅研究计划

部分学者提议,国家应设立硅研究计划,就像过去“以钢为纲”那样。从集成电路硅、太阳能级硅、有机硅及各种硅的化合物如碳化硅等,硅的研究和开发非常重要。最近国际上还有黑硅和类似钢铁生产连铸连轧、近形尺寸直接生产硅薄膜的技术出现。值得进一步重视。

二、“十二五”材料领域的重点支持方向

大力推进钢铁、有色、石化、轻工、纺织、建材等基础性原材料重点产业由大变强,奋力抢占光电子微电子、环境与能源、智能与特种功能、超导、纳米、高性能结构等新兴材料产业制高点,切实推进半导体照明、新型显示、稀土材料、多晶硅、储能材料等高成长、高带动性战略性新兴产业实现技术上的重点超越和产业上的重点跨越,最终形成若干产值过千亿的材料产业链,建立完善材料设计、制备加工与服役行为的共性技术,努力搭建寓军于民、军民融合的材料研发体系,为我国经济社会发展提供强有力的材料支撑。

在“十二五”期间,材料领域将围绕6+6+6个重点领域基础原材料重点产业:钢铁、有色、石化、纺织、轻工、建材;新兴材料产业:纳米、超导、光电子与微电子、智能与特种功能、环境与能源、

高性能结构材料、若干战略性新兴产业（半导体照明、新型显示、稀土材料、多晶硅材料、储能材料及军民两用材料等），完善共性技术支撑体系（材料设计制备服役行为），开展关键技术和高新技术的研发，努力培育新的经济增长点。

第二部分、化工新材料若干发展重点

联合国经济与社会事务部近日发布《2010年世界经济形势与展望》报告，预测2010年世界经济在发展中国家的带领下出现反弹，中国的经济增速达8.8%。美国化学委员会（AcC）表示，过去10年中国的化学品产值增长近7倍，从1998年约900亿美元增长到2009年约6000亿美元。

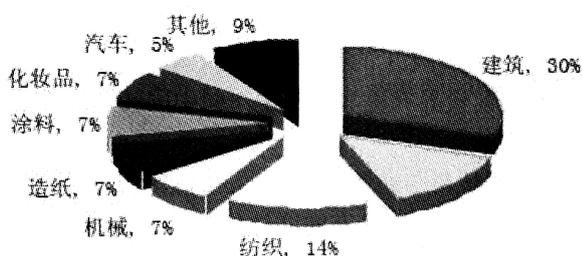
化工新材料

是新材料产业的主要组成部分，是化学工业中最具活力和发展潜力的新领域，化工新材料主要包括有机硅材料（硅橡胶、硅树脂等）、有机氟材料、炭材料、工程塑料（碳酸酯、聚甲醛、PBT、聚苯醚、尼龙66等）、改性塑料、聚氨酯（MDI）等，广泛用于国防、航天、电子、机械、汽车制造、家居、化工等领域。

有机硅

有机硅是世界上应用最为广泛的材料之一，是由粗硅氧烷制备的一大类材料的总称。利用硅氧烷合成得到的硅油、硅橡胶、硅树脂、硅乳剂等应用于国民经济的各个领域。

有机硅作为“工业味精”应用十分广泛有机硅下游行业市场前景广阔，其加工产品广泛运用于电子电气、建筑、化工、纺织、轻工、医疗等各行业，并且随着有机硅产品数量和品种的持续增长，应用领域不断拓宽。



中国有机硅发展潜力非常大从国内的统计数据看，一般有机硅行业的增长速度是GDP增速的2倍以上。随中国经济的发展，有机硅行业也将继续保持较高的增速。随着房地产投资的持续增长及政府鼓励汽车家电消费政策的继续实施，有机硅下游产品的市场需求将大大上升。

竞争有助于下游企业发展从总体上看，2010年有机硅单体市场供求基本平衡，但单体生产企业的竞争形势非常严峻，因此单体产能会更快地向大厂集中。单体生产企业的竞争为下游厂商进行有机硅产品的深加工带来了成本优势。同时，国家限制高耗能的产品出口使得下游有机硅生产企业降低成本和获得充足原材料。

有机硅产业链中下游为未来利润集中点有机硅单体是整个产业链的基础，随着有机硅单体项目的逐渐投产，供给逐渐增多，中间体DMC价格10年以后将呈现逐步下降趋势，这将大大降低中下游的成本，而下游终端产品市场不断推广，利润价格将向下游聚集。同时，有机硅下游产品以其科技含量、技术壁垒高的特性也使之成为产业链的核心部分和利润最高的部分。因此，开发高附加值的有机硅下游产业将成为市场竞争的关键。

有机氟：

有机氟产业包括含氟聚合物、氟化烷烃、含氟芳香族化合物三大类产品。含氟聚合物主要包括氟塑料和氟橡胶，主要有PTFE、FEP、FKM；氟化烷烃包括氟化氯代烷烃、氟化溴代烷烃和其他氟化烷烃，主要有cFC、HcFC、HBFc、HcF；含氟芳香族化合物的品种很多，其中产量比较大的有氟苯、2,4-二氯氟苯、氟氯苯胺和三氟甲苯。

我国在今后几年氟化工的年均增长率将保持在12%左右，其中HF在9%，无机氟化物8%，F22在7.5%，氟橡胶12%，PTFE年增长率7%，可熔融加工氟树脂在23%。但环境和氟石资源是有机氟化工发展的两大瓶颈，因此拥有环境容量和氟石资源的公司具有作有机氟精细化工的基础。由于我国国内有2亿萤石资源，目前世界有机氟产品生产向中国转移的趋势。

工程塑料

工程塑料与通用塑料相比，在机械性能、耐热性、耐久性、耐腐蚀性等方面能达到更高的要求，而且加工更方便可替代金属材料，因而在汽车、通信设备、建筑材料、家用电器、航空航天等方面有着广阔的用途。工程塑料主要由尼龙（PA）、聚碳酸酯（PC）、聚甲醛（POM）、热塑性聚酯（PBT、PET）、改性聚苯醚（MPPO）五大通用工程塑料和聚苯硫醚（PPS）、聚砜（PSF）、聚酰亚胺（PI）、聚醚醚酮（PEEK）、液晶树脂（LCP）等特种工程塑料及ABS树脂所构成。在发达国家早已形成了一个规模庞大的高新技术产业，并成为衡量一个国家工业发达程度的重要标志。

随着国民经济现代化发展步伐的加快，各个领

域对工程塑料的需求不断增长，供需矛盾十分突出，国内工程塑料的产量与质量远远满足不了日益增长的需求，国内工程塑料行业产量与需求相比严重滞后，五大通用工程塑料的自给率大约只能占到 15 %。不得不依靠大量进口来寻求平衡。

其中热塑性聚酯（PBT、PET、PEN 等）

热塑性聚酯是由饱和二元酸和二元醇经缩聚反应制得的线性半结晶聚合物。今后几年，随着汽车电器国产化程度的提高，PBT 在汽车上的应用会有较大幅度增长，预计 PBT 的消费增长率会超过 15 %。

工程塑料中尼龙的产量和用量十分巨大，主要集中在机械电子行业，预计今后几年的消费增长率在 20 % 左右。运动器械、交通运输和包装业的用量会有较大幅度的提高，在铁路运输方面尤其明显。近年来电子电器、计算机、通讯、建材等行业发展迅速，国内 PC 用量显著增长，已超过尼龙用量，成为工程塑料应用量最大的品种，但目前绝大多数树脂依靠进口。

MDI

MDI（二苯基甲烷二异氰酸酯）是聚氨酯两大生产原料之一，而聚氨酯作为应用新材料的一部分，是国家重点发展的产业之一。

国内 MDI 市场将保持景气状态由于 2009 年四季度出口恢复程度超出市场预期，以及 2009 年以来汽车、家电等行业爆发式增长，使得 2009 年 MDI 的消费规模达到 100 万吨，增长接近 20 %。预计 2010 年我国 MDI 总消费量将达到 120 万吨的规模，增长率保持 20 % 的水平。

建筑节能使 MDI 需求迎来高速增长聚氨酯材料是目前全球建筑领域应用最广泛的节能材料，建筑部从 09 年起已着手制定《建筑节能三年规划》，预计一旦规划出台，聚氨酯材料在国内的应用将逐步实现。目前，我国每年新增建筑面积约 16—20 亿立方米。每年新建建筑所需的 MDI 量约 33.5 万吨，此外还有 400 亿平方米的存量建筑需要改造，因此虽然替代过程将逐步推进，但前景非常广阔。目前全球共有八家 MDI 生产企业，主要都是巴斯夫、拜耳等国际知名的化工企业，就目前统计，在 2013 年以前全球基本没有新产能投产。唯一的新产能是烟台万华在 2010 年年中投产的 30 万吨产能。公司目前产能 50 万吨，在宁波二期工程投产后，公司 MDI 产能将达到 80 万吨，未来 MDI 总产能将达到 120 万吨。

高性能纤维

碳纤维

碳纤维由于具有优越的力学性能、耐腐蚀性及其他一些优良性能，被誉为上世纪的革命性材料，在航天航空、电子、体育用品、机械设备、交通设施、能源及土木工程等领域迅速得到应用和推广，且应用前景非常广阔。虽然国内外碳纤维的产量逐年不断的增加，但碳纤维需求的增加更加迅速，处于供不应求的局面。我国，对碳纤维的需求也增加迅速。

目前，从生产原料划分工业化生产的碳纤维主要有两大系列，一是以聚丙烯腈（PAN）为原料，二是以沥青（包括石油沥青和煤沥青）为原料。前者的碳纤维产量约占 70%，后者的产量约占 30%。

纤维增强树脂系 FRP

1. 玻璃纤维增强塑料（glass fiber reinforced plastic, GFRP）

---1942 年问世，是应用最广的复合材料，强度可与钢媲美，俗称玻璃钢。是复合材料的鼻祖

---具有优异的耐蚀性、轻量性和强度特性等，玻璃钢的用途很广，涉及国防、航空、宇航、机械、交通运输和人民生活许多方面。由于它有瞬时的耐高温性能，被用来制造人造卫星、导弹和火箭的外壳（耐烧蚀层）。玻璃钢不反射无线电波，微波透过性好，是制造雷达罩的理想材料。由于它显示了其它工业材料无以伦比的许多优异特性，而在材料科学界引起了强烈反响，它启迪人们去寻求新的增强纤维，以开发性能更加优越的新型复合材料

2. 碳纤维增强塑料（carbon fiber reinforced plastic, CFRP）

---是最有代表性、性能最优越的塑料（即树脂）基复合材料

---碳纤维的制作聚丙烯腈，隔绝氧气高温处理

---优点碳纤维的强度比钢大四倍，重量只有钢的抖，比铝还轻。碳纤维复合材料广泛应用在航空工业中。与玻璃钢相比，强度高 0.5—1 倍，弹性模量高 2—4 倍，同时还具有多种功能。包括：① 很高的耐腐蚀性；② 优良的热特性（绝热性，隔热性和尺寸稳定性等）；③ 一定的电性能（通电发热，防静电干扰，导电性等）；④ 滑动特性（耐磨性，润滑性）；⑤ 减振性能（减振防噪等）；⑥ 放射线特性（射线透过性）等。此外，作为轻量结构材料，它比钢铁轻抖一仍，比铝合金还轻，它的优异性能是其它纤维增强塑料无法比拟的。

碳纤维增强金属基复合材料

---概况碳纤维即石墨纤维，可用来增强铝、镁、铜等金属

---碳铝复合材料原料及加工成本低、比强度和比刚度高、高温性能和抗拉强度好以及摩擦系数小且抗磨等优点，是电和热的良导体而且尺寸稳定；是最有前途的金属基复合材料。制造直升飞机的大梁、骨架，导弹的蒙皮、加固件，发射管，头部整流罩，坦克上的传动箱、底盘和装甲部件，卫星上的设备支架、天线及望远镜的扇形镜面，是轻便野战桥梁的理想材料。是航天航空工业比较理想的结构材料，也可用作发动机的构件

---石墨澜复合材料具有在空气中适用于高温的性能，机械性能、导电和导热性能都很优良，比铁易加工，比钢密度低，成本也较低。铸造石墨铜复合材料，综合了铜的导电性和石墨的耐磨性，从而改善了接触电刷的抗磨损性，还适用于叶轮、空间动力系统、导弹部件，在高温下运转使用润滑油可能失效的摩擦系统。

碳纤维增强碳基复合材料

---概况碳纤维增强的碳基复合材料，简称为C 复合材料。

---工艺用热硬化性树脂把聚丙烯睛系碳纤维或沥青系碳纤维加固，在 1000 °C 左右碳化处理或者在 2000 °C 至 3000 °C 温度范围内加以石墨化处理便可获得 GC 复合材料。

---性能和应用碳纤维能耐 1700 °C 以上的高温，因此，C 心复合材料的耐热性能远优于其它任何高温合金和复合材料，是使用温度最高的材料。这类材料在 2500 °C 那样的高温下仍具有相当高的强度和韧性，且密度小，仅有高温合金的抖，陶瓷密度的一半，特别适用于宇航，已成为固体火箭喷嘴、航天飞机头罩和前缘，以及超音速飞机的减速板等不可缺少的材料。碳纤维和碳-碳复合材料还是良好的医用生物体材料

碳纤维的成型问题非常关键，如

纺织结构预成型体：复杂、多样的细观微结构通过纤维、纤维束、混杂纤维及束的选择与设计，特别是与特殊纺织技术相结合，赋予现代先进复合材料以多功能、结构-功能一体化、整体性等优点，同时降低了制备制造的成本。

芳纶

高强、高模、耐高温对位芳纶纤维（PPTA）是上世纪 70 年代发展起来的目前世界上生产规模最大的、具有优良性价比的一种高技术、高性能聚酰胺新型特种纤维材料。

抗张强度是钢丝的 5—6 倍，密度是钢的 1 巧，比模量为钢丝的 2 倍。

能在一 1 %—182 °C 的范围内保持稳定的尺

寸和性能。分解温度 560 °C，不燃烧，不熔化（500 °C 开始碳化）。

芳纶 II 纤维广泛应用于高性能轮胎帘子线、防弹衣 / 头盔、通讯电缆增强、高压贮罐增强、高强度缆绳等领域。

超高分子量聚乙烯纤维 UHMWPEF

（英文全称：硯 tra High Molecular weight Polveth 贝 ene Fibers），是世界上目前最强的纤维。由于该纤维具有密度低（0.979 / c m³）、比强度、比模量高等众多优异特性，在海上油田系泊绳、渔网、网箱、劳动防护、体育用品等方面显示出极大的优势，同时在现代化战争和航空、航天、海域防御装备等领域发挥着举足轻重的作用。该产品上世纪 90 年代以来，属于；西方巴黎统筹产品。

相关技术与发达国家差距

树脂制备技术：我国产品 Mw 普遍小于 400 万且分布宽（> 8.0）；Ticona 分子量可达 800 万，分子量. 分布 < 7.0；催化剂改进和聚合工艺创新。

冻胶纺丝技术：我国纤维强度低于 409 / d，纤度·不匀率和强度不匀率偏高（5 %左右）；DsM 公司 Dyneema 纤维强度 > 429 / d，cv 值低于 3 %。

管材和板材：我国尚未形成成熟技术，国外已经广泛应用于医疗器械（人工关节等）、采油管道内衬等复合材料：档次低，难与国外产品竞争，如防弹衣和头盔等。

相关技术发展趋势

树脂制备技术：新型 z—N 催化剂，较低聚合温度（50oc）和较高压力，高纯度乙烯原料等。

纺丝技术：控制纺丝液浓度和冻胶丝结构，纺丝过程中的控制降解技术，多道超牵伸技术，干法纺丝技术。

复合材料：纤维的表面改性关键技术

板材和管材制备技术：控制挤出过程中的降解战略目标和具体任务指标

形成有自主知识产权的 uHMwPE 树脂制备技术和纺丝、管材、板材、复合材料技术。

树脂指标：Mw = 100—1000 万可控，Mw / Mn = 5 - 7, 20000 吨 / 年生产线

纤维指标：达到 DsM 公司 SK76 水平，500 吨 / 年生产线

管材和板材技术指标：完成分子量 250 万以上管材、板材的产业化技术开发

研究开发的主要内容

重均分子量 > 500 万的 UHMWPE 树脂制备技术：催化剂的优化、聚合工艺改进

冻胶纺丝技术创新：关键设备研制、纺丝工艺调整等

纤维表面处理技术研究：利用室温等离子体技术高效处理纤维表面，为复合材料性能提高奠定基础管材和板材制备技术研究：突破传统的烧结和双螺杆挤出工艺，采用近熔点挤出技术控制树脂降解玄武岩纤维

连续玄武岩纤维

作为 21 世纪新型绿色环保纤维，因它比玻纤更具超高强力学强度、耐高温、耐化学腐蚀、隔热、隔音、良好的透波吸波和环保性能等而倍受人们的青睐，国外研究成果和生产实践已充分证实了该纤维在很大程度上完全可替代玻纤、碳纤维和石棉来实现其制造航天、石化、建筑、汽车、电子、冶金等多领域、多用途的增强材料。

玄武岩纤维的制备由原料制备工艺、熔制工艺、成型工艺和退解工艺组成，其制取工艺流程如下：

矿石开采、挑选→粉碎→筛选、清洗→运输→筛选、清洗

原丝←集束←涂油←丝根冷却←漏板漏丝←溢流←熔化←烘干→络纱→无捻粗纱→包装→销售

用玄武岩矿石为原料而拉制成的玄武岩连续纤维及其制品，具有耐高温、隔热、保温、吸音效果好，耐腐蚀性能强以及电绝缘和力学性能优异的特性。

(1) 玄武岩纤维具有较高的使用强度和弹性模量，其抗拉强度和弹性模量分别达 4GPa 和 110GPa，经实验证明玄武岩纤维的表面与树脂结合性好，因此用玄武岩纤维制成的复合材料，无论在强度和刚度上都非常好，现已被用于建筑补强上。

(2) 玄武岩纤维具有稳定的化学性能，耐酸碱性能优于玻璃纤维，经实验证明用玄武岩短切纱增强混凝土，修筑公路，其使用寿命大大提高。

(3) 热传导系数低(热传导系数为 0.031 — 0.038w / mK)，是最理想的隔热保温材料。我公司生产的玄武岩阻燃隔热垫，经哈尔滨锅炉厂使用，反映效果良好。

(4) 玄武岩纤维具有较高吸音系数，其系数为 0.9 — 0.99 是高效的隔音材料。

(5) 玄武岩纤维具有较宽的温度使用范围和优良的高、低温使用性能，玄武岩纤维的使用温度为 -260 — 600℃，最高使用温度可以达到 900℃ 以上。

由于玄武岩纤维具备以上优异性能，已被广泛

用于建筑补强、道路建设，制作汽车外壳、消音器、刹车片，高温过滤和除尘及保温等领域。国外军工产品大量的使用了玄武岩纤维及制品。

开拓高性能纤维的应用：

飞机、卫星；汽车、自行车；海洋缆绳；电缆；钓鱼竿；救命桌… …

扩大民用是关键

精细化工

重要性

化学工业中精细化学品所占的份额（精细化率）是衡量一个国家化学工业发展水平的标志。发达国家的精细化率一般在 50 — 60 % 左右，我国的精细化率为 40 % 左右。为促进精细化学品创制，是政府必须面对并加以解决的重点任务。

发展目标

创制一批新农药、健康食品用化学品、油田化学品以及染料新品种并实现产业化，使我国的精细化率达到 50 %。

关键技术

低毒、高效、安全、环境相容性好的农药新品种的创制，基本完成农业生产用高毒农药的替代，以保证粮食、蔬菜、水果的安全生产；

健康食品用化学品创制，保证食品的安全生产；油田化学品的创制，提高石油采收率，缓解能源紧缺局面；

染料新品种的创制，完成染料品种的更新换代，提高我国的纺织印染水平。

绿色合成技术（包括”原子经济”反应、定向合成、手性合成、不对称合成），高效催化、分离、三废，处理及自动控制技术。

催化材料重点支持方向

石油化工

新型烯烃聚合催化剂及聚合工艺；

石油炼制过程中的关键催化材料与工艺。

绿色化工过程和手性药物中的关键催化材料—从源头上消灭污染

清洁氧化、还原、硝化等反应中的催化材料；清洁手性催化材料。

煤的综合利用

煤液化催化材料和工艺；

碳一(CO)化学中的关键催化材料和工艺。

环境保护

汽车尾气和工业废气的处理。

催化剂可能代表了当今所生产的最重要的一类材料。它们对经济的影响是巨大的：市场每年有总额为 100 亿或大于 10 % GNP 是依赖于催化作用

的。通过催化反应制成的产品其价值估计达到每年 2 万亿。事实上催化作用在化学品生产，石油产品，肥料，塑料，制药过程中扮演了必不可少的角色。同样地，催化作用对生态也有重要影响，如：减少汽车尾气的排放；电力和化学工厂的运行中也常引入催化剂。

新近，纳米材料被用作催化剂的本质逐渐地被理解，这是由于原位技术和表面科学仪器如隧道扫描电镜的使用，新的理论方法及方法的相互组合造成的。这与制备纳米材料新工艺一起开创了逐个原子组装材料的新设计方略，这对 RTD 具有巨大的

潜力。当把用在生物催化剂，酶的方法用来转化成无机相似物时，仿生催化反应是同样具有前途的。欧洲大学和工业研究室的学者们在许多方面的研究已处于最前沿的位置。

为了维持催化作用研究的领先地位和使现有专门知识的资本化，需要克服一定的困难，如：对新催化作用，纳米催化剂及其合成的长期基础性研究；新设备的开发，促进企业和学术界的亲密合作，培养能够充分完全地研究催化作用的新交叉学科的科学家们。