

纳米技术及其产业化政策分析

Progress on Nanometre Technology and Its Industrialization Policies

李亚青

(山东省潍坊高等专科学校, 讲师 潍坊 261031)

贾 泉

(山东潍坊高新区管委会, 工程师 潍坊 261031)

邢润川

(山西大学, 教授 太原 030006)

随着知识经济时代的来临, 高技术及其产业化的竞争日趋激烈。科技界认为, 纳米技术将可能引发下一场新的技术革命和产业革命, 成为 21 世纪科学技术发展的前沿, 它不仅是信息产业的关键技术之一, 也是先进制造业最主要的发展方向之一。正如美国 IBM 公司首席科学家阿莫斯特朗所说: “正像 70 年代微电子技术引发了信息革命一样, 纳米科学技术将成为下世纪信息时代的核心。”美国《时代》周刊曾把纳米技术选定为“今后十年最可能使人类发生巨大变化的十项技术”之一。我国对纳米技术的研究也十分重视。我国著名科学家钱学森早在 1992 年就说过“纳米左右和纳米以下结构将是下一阶段科技发展的一个重点, 会是一次技术革命, 从而将引起 21 世纪又一次产业革命。”国家科委将纳米材料科学研究列入了国家“攀登计划”和“863”计划, 组织了一些科研单位进行攻关, 现已取得了一批生产及应用科研成果。中国工程院副院长、中国科学院技术科学部主任师昌绪院士在展望 21 世纪新技术时, 明确地把纳米技术列为“我国要高度重视并大力发展的九大关键技术”之一。他指出, 这些技术领域的竞争, 在某种程度上将决定一个国家的竞争力。所以, 如何来发展纳米这一高技术并使之产业化, 是一个急迫而又现实的问题。

一、纳米技术及其发展态势

纳米技术是指在纳米尺度下($1 \sim 100\text{nm}$, $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$)对物质进行制备、研究和工业化, 以及利用纳米尺度物质进行交叉研究和工业化的一门综合性的技术体系。当物质趋于超细化状态时, 引起超细化颗粒(也就是纳米颗粒)的表面结构与晶体结构发生了独特改变, 从而产生了量子尺寸效应、小

尺寸效应、表面效应及宏观量子隧道效应等。这些效应使纳米材料在力学性能、磁学性能、热学性能、光学性能、电学性能、催化性能、生物活性等方面发生了变化, 从而得到广泛应用。

1. 纳米相材料技术发展引人注目。纳米相金属、纳米相陶瓷及其它纳米相固体材料和普通的相应材料都是由相同的原子构成的, 只不过这些材料的结构粒子或组成单元是由其原子构成的纳米级原子团组成的, 它们对光、机械应力和电反应完全不同于微米或毫米级的结构颗粒。其相材料从宏观上显示出许多奇妙的特征, 如纳米相铜强度比普通铜高五倍、纳米陶瓷摔不碎等。显然纳米相材料具有极大的商业价值, 也就是说, 只要我们能控制结构纳米颗粒的大小, 就能制造出强度、颜色和可塑性都能满足用户要求的相材料。

2. 纳米器件技术发展势头迅猛。利用具有半导体性质纳米管与具有金属性质的纳米管组装成具有隧道结的纳米碳管很可能发展成为新型的纳米器件, 特别是自组织原理设计的新型材料在机械、电子、光学、磁学、化学和生物学有着广泛的应用前景。例如, 分子自组织结构可用于电子记忆、数据接收、存储和传递等。美国、日本、德国利用自组织原理发展、生产新一代的传感器和生物传感器, 新型数据存储器及生物芯片, 新一代分子晶体管、超微开关和存储器, 新型的特种纳米结构和功能材料, 信号接收和传输的纳米材料, 纳米结构的生物植入材料, 用于医疗临床诊断和高效定位治疗的纳米材料和“生物导弹”, 用于太阳能高效光电子转换的材料等。21 世纪初的主要任务之一是依据纳米结构的各种新颖物理性质, 设计制作顺应 21 世纪高密度信息处理技术需要的新一代量子电子器件。这些器件包括谐振隧道晶体管、超快速逻辑器件、大容量

电子存储器、横向量子干涉器件、单电子晶体管等。

3. 纳米复合改性技术发展前景广阔。少量纳米材料可以综合改善传统材料的性能,如可提高结构陶瓷的抗热振性能,并能降低烧结温度。氧化铝基片材料添加 5~10% 纳米 Al_2O_3 粉,不但提高了基板材料的表面光洁度,而且抗热振性能提高了一倍。压敏电阻、线性电阻、电子陶瓷产品都包含 Sb、Bi 等低熔点金属,按传统工艺热处理(1100℃)低熔点金属挥发严重,严重影响电子陶瓷的性能;但添加少量纳米 ZnO 、 TiO_2 和 SiO_2 ,即可以使烧结温度降低 100℃ 到 200℃,同时,使漏电现象大大降低。纳米粒子在工业上的初步应用就已显示出它的优越性。美国把纳米 Al_2O_3 纳米颗粒加入到橡胶中提高了橡胶的耐磨性和介电特性。日本把 Al_2O_3 颗粒加入到普通玻璃中,明显改善了玻璃的脆性。我国科技工作者在制备 AL 合金时加入了 Al_2O_3 纳米粒子,结果晶粒大大细化,强度和韧性都有所提高。另外,利用纳米粒子的特性及对其的控制,可把传统相图理论上根本不相溶的两种元素,在纳米态下合成在一起,制备出新型材料,其中,铁铝合金、银铁合金、铜铁合金等纳米尺度已在实验室获得成功。同样,在纳米态下,也可合成原子排列状态完全不同的两种或多种的复合相材料,即人们可以把过去难以实现的有序相和无序相、晶体和金属玻璃、铁磁相和反铁磁相等复合在一起,制备成有特殊性能的新材料,这为纳米技术的发展提供了巨大的空间。

二、我国纳米技术产业化现状 及存在的问题

80 年代以来,我国科技工作者对纳米技术给予了关注,形成了不少极有意义的成果。金属纳米粉末生产由于技术高度保密等多种原因,目前国际上只有美国、日本等少数几个工业发达国家能够工业化生产。由天津大学研制的纳米铁粉制取技术,使我国成为继美国、日本之后第三个能够工业化生产纳米铁粉的国家。以该技术为依托,山东正元纳米材料工程有限公司经过研究创新和优化多种工艺参数,使该技术不仅可用于生产铁粉,而且可以用于生产铜、铝、镍、钴、钽、钼、金、银、铬、锆及不锈钢等多种金属纳米粉末;并较大幅度地提高了产量,成为国内首家工业化生产多种金属粉末的厂家。在非金属纳米粉末方面,中科院固体物理研究所在国家攀登计划纳米材料科学首席科学家张立德所长领导下最早开始从事纳米材料研究,该所也是国家攀登计划纳米材料科学的主要支撑单位之一,在纳米材料的制备与应用领域,特别是在氧化物纳米粉体制备、非致密纳米固体的合成、自组织方法制备

特种纳米材料、介孔复合体、纳米颗粒表面修饰与分散等方面拥有多项领先技术,有的已完成了实验室研究,有的已实现了产业化转变。其中由山东正元纳米材料工程有限公司资助的纳米 TiO_2 粉末生产及其多孔小球制备和应用用于环保工程的研究、自保洁卫生功能陶瓷釉料等项目均已完成了实验室小试,具备了中试条件。国家超细粉末工程研究中心也是目前国内非金属纳米材料制备及应用研究产业化程度最好的单位,其中碳酸钙特细粉体、纳米生物粉末、超细磁粉、高氯化聚乙烯树脂粉末等多项纳米技术应用成果领先于国内同行,其市场前景也十分广阔。山东正元纳米材料工程有限公司与有关科研机构联合研制的 PMMA 微球和纳米 TiO_2 嵌入 PMMA 微球的生产技术及多孔 PMMA 微球用于化妆品的技术成果也已完成了实验室试验。

从目前的状况来看,纳米技术产业化主要存在以下问题:

1. 整体需求动力不足,产品订制严重滞后,使纳米技术产业化缺乏“第一推动”和“第一牵引”。需求动力不足制约着纳米技术的扩散和产业化的实施,而产品订制滞后则制约着纳米技术产业化的速度和规模。所谓产品的订制,就是指用户根据自己的需要所订做的产品。纳米技术产品订制滞后,导致纳米技术产业化过程出现断档。通过对当代科学技术史的分析研究可以发现,一项高技术工业化的过程,一般都要经过高技术产品的订制、市场扩散、企业结构的再造以及进行“垂直”生产四个阶段。如果一项高技术产品得不到初期订制,就无法使消费者对这项技术及用该项技术生产的产品有所理解和认同,那么该项高技术的工业化就会因为缺乏“第一牵引”而无法实施工业化,只能当做一种理论知识储备起来。

2. 纳米技术与经济关联性差,主体脆弱,使产业化发育受阻。这主要体现在两点:一是纳米技术创新与经济发展一体化关联程度差。在纳米技术研究方面,我国虽然起步较晚,但在 90 年代初就很快步入世界先进行列,可以说,与世界先进国家相比,在纳米技术研究和应用方面基本上处于同一条起跑线上。但我们不能不看到,在不少工业化国家,纳米技术已成为高新技术产品的重要源泉,并在不重要的高科技领域内得到了重要的应用。据有关材料报道:纳米材料和纳米结构器件预计 2000 年的市场容量甚为可观,其中纳米结构薄膜器件的市场容量为 340 亿美元,纳米粉体、纳米复合陶瓷以及纳米复合材料的市场容量为 442 亿美元,纳米晶体材料及其生长技术的市场容量为 238 亿美元,纳米材料和结构的评价技术和测量手段市场容量为 27.2 亿美元。在今后的发展中,纳米技术产业化的市场很可能在信息产业、通讯、微电子、环境产业、

医药等领域率先取得长足的进展,同时,微电子纳米技术、纳米传感技术、纳米合成技术等领域的综合交叉,为纳米技术的产业化提供了更为广阔的市场。这种势头与我国纳米技术产业化发展形成了鲜明的对比。目前,纳米技术还未能引起我国产业界的足够重视,不少可以快速进入工业化阶段的科技成果迟迟离不开实验室的小试和中试阶段,无法形成纳米高科技对产业结构升级和经济增长的支撑作用,这就造成了虽然我国在纳米技术研究方面可与世界先进水平相比,但在产业化所形成的市场容量上还很难看见有突破性的增长。二是未形成有效的纳米技术产业化主体。中科院固体物理研究所、国家超细粉末工程研究中心是科研单位,在技术研究方面得到了政府的支持,但在成果产业化方面,企业参与的积极性并不高;山东正元纳米工程有限公司虽是企业与科研单位所组成的科研、生产联合体,但很难获得政府的资金及导向支持,产业化工作受到很大的制约。可以这样说,即使技术过了关,产业化及市场进入的巨大成本,往往使这些本来就不很强壮的主体一开始就承受着巨大的压力,这种压力不是来自技术本身,而是来自政策、产业组织、体制和资金。

3. 产业惯性对纳米技术产业化形成了障碍。所谓产业惯性是指传统产业的结构、需求、政策等产业自身方面的因素为维持其传统发展而产生的惯性。产业惯性对纳米技术产业化的障碍主要体现在:(1)国家现行的产业及其经济政策与纳米技术及其产业化发展的远景需要往往不一致。现行的产业经济政策一般重视的是既得利益和效果,而促使纳米技术及其产业化发展,则需要看重其后发效应所带来的利益。在短期内,由于对优先项目选择不当或投入的资本过多,就会阻碍对纳米技术的高风险投资。(2)国家不能以新兴工业为中心的现行经济政策,是纳米技术产业化最大的惯性阻碍因素之一。一个国家即便暂时取得了纳米技术上的领先地位,获得了商业上的成功,但如果缺乏相应的战略性措施来保持纳米技术发展的势头,迟早会成为纳米技术产业化的落伍者。只要仔细研究一下新的投资流向就会发现,在不少方面是以削弱知识密集型“朝阳”工业为代价,加速了资本密集型工业的发展实力,这实际上是延长了不景气的传统技术企业的寿命,忽视了新兴的高新技术企业发展的需要。(3)建立在传统产业经济基础上的经济政策容易牺牲纳米技术产业发展的机会,这是需求偏好惯性对高新技术产业化的障碍。高速增长和知识密集的高技术公司的需要与那些低速增长和资本密集的工业的需要大不相同。低速增长的传统产业企业大部分投资来源于企业的利润,因此,加速折旧和投资的赋税优惠对这些企业是极为重要的;而对于

高速增长的、资本并不密集的高新技术企业来说,筹集资金进行创业和扩大投资是极为重要的,这些企业未来的增长取决于科研和开发的高风险投资。因此,对高新技术企业来说,降低资本的利率和科研开发投的资赋税优惠,比加速折旧更有吸引力。

4. 纳米技术的市场化因素和非市场化因素制约着纳米技术产业化的深度和广度。市场化是纳米技术产业化发展的前提条件。对纳米技术来说,价格是其产业化的重要因素,纳米粉体从 1990 年的 1 0000 美元/公斤降到 1994 年的 5 000 美元/公斤,再到 1997 年的 60 美元/公斤,这种价格递降有力地推动了纳米技术的广泛应用和产业化的进程。来自技术方面的非市场化因素也是纳米技术产业化中不可忽略的,最突出的一个问题就是纳米添加技术和分散技术。如欲用传统或廉价的方法把纳米材料添加到常规材料中或进行包装运输,都还需要不断地解决一些技术问题。

5. 纳米技术产业化专业技术人才缺乏,结构不合理,也制约着纳米技术及其产业化发展。纳米技术产业化是一项高度系统化的工作,它不仅要求具有专门技术的人才,还必须具有能与其它学科交叉的综合性技术人才,以及善于将纳米技术与相应的经济和社会环境进行协调的人才。目前我国纳米技术人才主要存在两个方面的问题:一是纳米技术的人才数量少,与纳米技术及其产业化发展地位不相适应。二是纳米技术人才的结构不合理。目前,在纳米技术专业方面的人才具有一定的数量,并作出了相当的成绩,但纳米技术多学科交叉方面的人才缺乏,制约了对纳米技术进行多学科的交叉研究与应用,特别是在纳米技术与经济、社会协调方面的人才,更是少得可怜。

6. 社会化工作滞后于产业化工作是纳米技术产业化发展的重要制约因素。首先是对纳米技术及其产业化发展的重要性的宣传还远未达到应有的高度和深度,这对吸引人才、项目立项、资金筹措、产品的生产及其推广是非常不利的。其次,对纳米技术的软科学研究,远远落后于纳米技术本身的发展,使纳米技术及其产业发展上缺乏应有的战略支撑和政策支撑,导致宏观协调和相应的组织不到位。第三,机遇意识不强。纳米技术作为本世纪末和 21 世纪新兴的高科技,其发展前景和影响是不言而喻的。虽然目前我国在纳米技术方面的研究处于世界先进行列,但对保持这种优势和加快发展相关联产业、带动产业结构升级等,还未见相应的行动。机遇也是一种资源,稍纵即逝。第四,调动社会各方面的力量,组织纳米技术及其产业化的信息服务体系工作缓慢。

三、纳米技术产业化政策要点

1. 认真分析和制定纳米技术及其产业化的战

略和政策。应按照高技术工业化模式的要求,不失时机地完成由产品订制与市场转移阶段向企业结构改造与垂直集成化的递进,尽快实现由技术优势向产业优势的转化。国家要针对不同阶段进行具体的政策投入,从环境及运行机制上为纳米技术产业化的不断拓展提供条件。从远处着眼,要着力推进纳米技术产业化向“垂直集成”发展,这是战略定向;从近处着手,应认真组织和实施好纳米技术产业化市场转移这一启动点,这是战略定位。

2. 积极培育产业主体,制定和完善纳米技术及其产业化的产业组织政策。在产业化主体的培育过程中,企业的积极参与是根本。只有在众多企业积极参与的前提下,走技工贸一体化的路子,才能形成纳米技术产业竞争发展的格局。根据产业经济与技术创新多层次匹配的原则,产业主体应重点发展四类形式:(1)以实力雄厚的大、中企业与大科研机构或高等院校为龙头,组建技工贸一体化集团。(2)发挥高校及科研机构专业能力强的优势,与有能力的大、中企业建立工程研究中心。工程研究中心是技术创新直接面向生产过程的一种有效形式。它根据高校及科研单位的有关科研成果,与企业通力合作,开发出能立即投入生产的产品,并全面负责新产品的技术改造和更新换代。(3)发挥高校、科研机构及企业各自的优势,组建科研、生产联合体。高校及科研机构一般都有较强的技术创新能力,但缺乏相应的科研题目及科研经费;而企业却有相应的科研题目及配套经费,但又苦于缺乏相应的创新能力。联合体可以互相取长补短。(4)科研机构或高等院校把纳米技术成果作为资本入股,与企业合作成立股份公司,权责利合成一体,共同推动纳米技术产业化发展。当然,以上不同层次的主体培育,需要有关部门制定一系列法规、条例、政策。

3. 消除产业惯性,制定适应纳米技术产业化的高技术产业投资政策。纳米技术及其产业化的战略地位,应首先成为各级决策部门、金融部门和社会公众的共识,这是推动纳米技术及其产业化快速发展的基础。从目前我国纳米技术及其产业化的水平来看,我国完全有理由在纳米技术及其产业化中占据重要的战略地位,并对今后的高科技经济做出重要的贡献。当今,制定以高技术及其产业为核心的有关高科技的技术经济政策,并使之系统化、有序化,将成为今后经济发展的一种制导性力量。在投资方向、投资结构和投资力度等方面,为以纳米技术及其产业化为代表的高科技发展提供相应的条件、环境和基础,是保证纳米技术及其产业化发展的重要条件。

4. 强化宏观调控能力,制定纳米技术产业化的实施保证政策。虽然纳米技术及其产业化具有广阔

的前景,但纳米技术还是一个幼稚产业,政府行为在其发展中将发挥着不可替代的作用。政府应从以下几个方面入手强化调控能力:(1)组织保证。即成立相应的全国性的领导小组,协调有关部门及科研、产业界的行动,负责有关政策、标准审定及协调等工作。(2)政策保证。即鼓励进行纳米技术新产品的开发,从税收等方面给予大力扶持;引导纳米企业不断进行技术创新,增强发展后劲;各类科技计划向纳米技术企业倾斜;推动企业与高等院校、科研院所合作或合资在纳米技术及其产业化领域进行联合开发。(3)服务保障。组织科技力量为纳米技术企业提供技术诊断、咨询、攻关、产品开发等方面服务,促进纳米技术产业企业与大专院校、科研单位建立长期稳定的协作关系,发展科研生产联合体和企业集团,并在条件成熟的企业中建立各级纳米技术工程中心或中试基地;组织各类创业中心、信息中心、生产力促进中心等服务部门,重点为纳米技术产业企业服务,并对其进行有效的跟踪研究。

5. 合理布局、协调,制定纳米技术产业化的人才培养政策。纳米技术产业化人才的培养应着重从以下三个方面入手:一是大量有计划地培养不同层次的纳米技术产业化专业人才,使他们除了具有专门的纳米技术知识外,还具备有利用“大科学”搞“大经济”的能力,从人才本身来解决科研与产业脱节的问题;二是对与纳米技术相关的现有专业进行纳米技术及其产业化知识及意识的培养,为纳米技术及其产业化跨行业、跨领域地进行交叉研究与开发提供知识准备和产业基础;三是强化现有的继续教育,使更多的工程师和专业技术人员接受关于纳米技术发展及其产业化方面的教育,增强传统技术对纳米技术的吸纳能力,提高应用水平。同时还要不断地吸收国内外的专家学者投入到纳米技术产业化工作中,不拘一格开发和网罗纳米技术人才。通过多方面的努力,切实解决我国纳米技术产业化人才数量少、层次结构不合理的问题,形成一支与产业布局和发展水平相适应的、多层次结构的产业化人才队伍,把纳米技术产业化的竞争能力提高到一个新的水平。

参考文献

- [1]李亚青、贾杲、邢润川,试论纳米技术,科学技术与辩证法,1998(3)
- [2]张立德、牟季美著,纳米材料学,辽宁科学技术出版社,1994年
- [3]李春忠,国外纳米材料制备及应用领域评述,首届纳米技术应用研讨会论文集,1997
- [4]张立德,纳米材料应用机遇与挑战,首届纳米技术应用研讨会论文集,1997 (责任编辑 孙立明)