

# 纳米技术产业化过程中的主体行为

汲志华<sup>1</sup>, 张矢的<sup>1</sup>, 洪振挺<sup>2</sup>

(1. 中国科学院研究生院管理学院, 北京 100049; 2. 北京大学经济研究所, 北京 100871)

**[摘要]** 纳米技术的发展使越来越多的国家和企业界认识到纳米技术具有促进创新和经济发展, 增强产业竞争力的巨大潜力, 它将引发 21 世纪新一轮的产业革命。如何加速我国纳米技术产业化进程, 将是一个新的研究课题。在此过程中, 将伴随着政府、科研机构和企业这三个主体行为的完善和规范。

**[关键词]** 纳米技术; 产业化; 主体行为

**[中图分类号]** F416; F124.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2010)03-0073-04

## 1 前言

自 20 世纪 80 年代以来, 经过科研人员的不懈努力, 纳米技术向物理、化学、生物学、新材料、微电子、计算机、医学、航天航空、环境、能源、生物技术和农业等诸多领域渗透, 并且取得了重要进展。纳米技术的发展使越来越多的国家和企业界认识到纳米技术具有促进创新和经济发展, 增强产业竞争力的巨大潜力, 它将引发 21 世纪的新一轮的产业革命。因此, 纳米技术和信息技术、生物技术被列为 21 世纪世界经济发展的三大支柱。美国国家科学与技术委员会纳米分会主席 Dr. M. C. Roco 指出, 未来 10~15 年内纳米相关产品市场规模将达 1 万亿美元, 其中纳米材料市场规模可达 3 400 亿美元, 纳米电子市场规模可达 3 000 亿美元、制药市场可达 1 800 亿美元、化工生产规模可达 1 000 亿美元、工具(测量、模拟等)市场规模可达 3 400 亿美元、航太领域可达 700 亿美元<sup>[1]</sup>。整体而言, 未来 10~15 年每年纳米相关商机高达 10 120 亿美元。

面对如此诱人的市场前景, 如何加速我国纳米技术产业化进程, 如何做大做强中国的纳米产业, 已成为政府产业决策部门、企业界、科学界共同面临的问题。在推进纳米技术产业化进程中, 规范和完善

政府、科研机构和企业三者的主体行为至关重要。

## 2 政府主体行为

### 2.1 加大研究经费投入力度, 推动基础研究和应用基础研究的发展

纳米技术是迄今为止横跨学科最多、影响领域最大的交叉技术, 它将产生完全新型的技术和产品, 是高投入、高竞争性产业。政府投入在推进纳米技术发展中起着至关重要的作用。有鉴于此, 发达国家政府纷纷提出优先发展纳米技术的国家战略, 制定专项计划, 加大政府投入力度。

美国政府 2000 年批准了“国家纳米技术计划”, 力求通过此举增强科技经济实力, 在纳米技术领域占居世界领先地位。美国总统科学技术顾问委员会指出: “美国如果要在 21 世纪继续保持经济的领导地位和国家安全, 则必须在未来的 10~20 年内对纳米技术研究和发展的投入给予巨大的和持续增长的投入”。美国联邦政府投资纳米技术的经费从 2000 财年的 2.2 亿美元增加至 2005 财年的 9.82 亿美元。

欧盟早在第 4 框架计划和第 5 框架计划就资助了若干纳米技术相关的研发活动, 从第 6 框架计划(2002—2006 年)开始将纳米技术列为 7 个优先发

**[收稿日期]** 2008-03-19; **[修回日期]** 2008-11-27

**[基金项目]** 国家自然科学基金企业控制权转移的能力依赖分析资助课题(70402011)

**[作者简介]** 汲志华(1976-), 女, 北京市人, 国家纳米科学中心工程师, 研究方向为管理科学与工程; E-mail: jizh@nanoctr.cn

展的重点领域之一。为此投入 13 亿美元,占第 6 框架计划投资总额的 7.4%。欧盟第 7 框架计划投入的纳米技术经费预算将继续增加。

日本政府在“第二个科学技术基本计划(2001—2005年)”中提出了 8 个重点领域,将纳米技术列为其中之一,作为国家的科技重点发展战略领域。在“第三个科学技术基本计划(2006—2010年)”中,继续将纳米技术领域作为研发重点。日本政府 2003 年投资纳米技术的相关经费为 8 亿美元,2004 年比 2003 年增加 20%。

自 1999 年以来,我国政府在“九七三”、“八六三”等国家重大科研计划中专门设立与纳米科技相关的研究专项,在 2001 年就制定了《国家纳米科技发展纲要》,并成立了国家纳米科学技术指导协调委员会。2006 年国务院发布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要》,将纳米科学看成是我国“有望实现跨越式发展的领域之一”,并设立了“纳米研究”重大科学研究计划,仅 2006 年就部署了 13 个重大项目<sup>[2]</sup>。与西方发达国家相比,我国在纳米技术方面的投入还处于初级阶段,2000—2005 年投在纳米技术研究上的项目经费估计仅为 1 亿美元。

近年来,纳米研发投入一路攀升,研发成果不断涌现。就整体研发实力而言,美国和日本一路领先,德国和韩国紧随其后,中国、印度、俄罗斯等发展中国家则迅速追赶,进步显著。如表 1 所示,2006 年,全球纳米技术研发投资达到了 124 亿美元,较之 2005 年增长了约 13%。其中,政府投入 64 亿美元,与 2005 年的 59 亿美元相比,增长了 9%<sup>[3]</sup>。在政府投入中,美国联邦政府和各州政府共投入 17.8 亿美元,仍位居榜首,接下来是日本和德国,分别投入 9.75 亿美元和 5.63 亿美元。

表 1 2005—2006 年全球纳米技术研发投资情况

Table 1 Global nanotechnology research and development investment(2005—2006)

	政府 投资	企业 投资	风险 资本	全球 总投资
2005 年 /亿美元	59	44.5	6.4	109.9
2006 年 /亿美元	64	53	7	124
增长率/%	9	19	10	13

纳米科技要求以先进技术和装备为基础,要求高强度的资金投入和长期的、稳定的支持。从纳米技术产业化进程看,在相当长的一段时间内,还处于

政府主导培育市场阶段。政府的导向和支持将起到种子和催化的作用。因此,采取“Top down”和“bottom up”两种研究战略,加大政府投入力度,是政府主体的主要行为之一。图 1 为主要国家近年来平均每年纳米科技的经费投入。

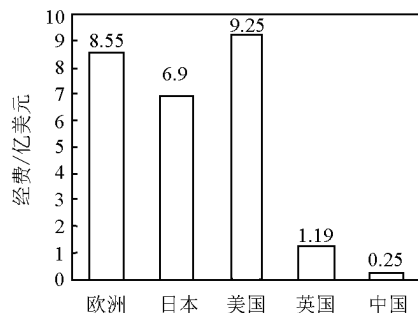


图 1 主要国家近年来平均每年纳米科技的经费投入

Fig. 1 Main countries' annual outlay devotion to nanotechnology in recent years

## 2.2 制定有关纳米标准和检测体系,规范纳米技术产业发展

据美国从事纳米技术市场研究的公司 EmTech Research 调查(EmTech Research, 2005),在美国大约有 600 家美国本土的公司或主要在美国进行的公司从事纳米技术研究开发、制造、销售等。据统计,截至到 2004 年年底,中国纳米产业公司就有 800 多家,比美国还要多。其中真正生产纳米产品的企业有多少?在没有鉴定之前,谁也不敢定论。纳米技术的特定性决定了其评价标准和严格检测成为产业化的关键。为防止将纳米技术概念庸俗化,促进国内纳米技术产业和市场的健康发展,政府组织制定有关纳米标准,是政府主体的另一重要行为。

2005 年 4 月 1 日,《纳米材料术语》等 7 项纳米材料国家标准正式实施,是我国首次批准发布的关于纳米材料的国家标准,也是世界上首次以国家标准形式颁布的纳米材料标准。2005 年 6 月 20 日,全国纳米技术标准化技术委员会正式成立,委员会秘书处设在国家纳米科学中心。这必将为鉴别纳米产品提供技术支撑体系,推动纳米产品市场有序化发展。

目前,许多国家均对纳米科技标准化工作进行了大量投入。英国标准学会(BSI)正在制定一项有关纳米术语的公用规范(PAS)。欧洲标准化委员会(CEN)新近成立了 CEN/BT/WG 166,着手制定纳米术语标准。美国电工电子工程师协会(IEEE)于

2003年提出了一项标准化项目,内容涉及碳管电气性能的测试方法。美国国家标准与技术研究院(NIST)于2004年7月成立了纳米技术标准工作组,承担纳米术语、纳米材料性能测试方法等标准的研制工作。欧洲委员会于2004年推出了“欧洲纳米技术发展战略”。不久前,德国标准化学会(DIN)也确定了纳米技术动态标准化项目。在纳米技术产业化过程中,标准化战略将是政府保护纳米技术市场和同国外企业竞争的重要手段。

### 3 高校和科研机构主体行为

#### 3.1 与企业相结合,促进产业合作研究,共同推进纳米技术产业化进程

据统计,到2005年6月为止,全球有109728篇论文发表在同等的纳米科学和技术期刊上,其中美国占24%列第一位,中国占13%列第二位。在对2000—2002年授权的与纳米技术有关的专利进行分析发现,我国占12%,居世界第三位。在纳米技术研究方面,我国始终站在世界前列,其中科研院所和高校的贡献超过95%(见图2)<sup>[4]</sup>。一方面,纳米科技的最终目标是制造出具有特定功能的产品,因此,在纳米研究成果转化和开发上,科研机构必须与企业合作。另一方面,我国的纳米科技产业化仍处于起步阶段,今后的10~20年是我国纳米科技进一步发展和纳米科技产业化的关键阶段。走好这一步,需要强大的资金支持。与国外相比,我国政府的项目投入还很少,吸引和利用企业资金是科研机构进行研发的重要渠道。美国卢卡斯研究公司(Lux Research)估计,2005年世界范围内企业投资于纳米技术相关的研发经费达到44.7亿美元,比2004年

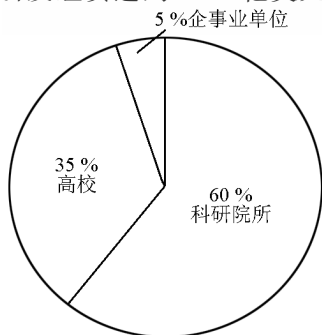


图2 科研机构在纳米技术R&D产出中的贡献比率

Fig. 2 Scientific research institution's contribution ratio in nanotechnology's R&D output

增长18%,占全球纳米技术研发经费的47%<sup>[5]</sup>。

#### 3.2 发展纳米技术教育,培养纳米技术人才

纳米科技具有多学科交叉的性质,它的研究对象涉及诸多领域,它的基础研究问题又往往与应用密不可分,因此需要具有物理、化学、生物、医学等多学科背景的综合性人才。各国在制定纳米技术发展战略过程中,把培养适应纳米技术研究开发的新一代劳动力作为重点考虑的要素之一。据预测2010—2015年,纳米技术人才的需求量,在美国需要60万~80万人,日本需要50万~60万人,欧洲需要30万~40万人,亚太地区(除日本外)需要10万~20万人,其他地区需要10万人。引进纳米科技发展所需要的高技术人才,这是最直接,也是最有效的方式,但从长远考虑还是靠自己培养。纳米科技人才的培养仅有核心人才还远远不够,还要求培养更多的技术人才和管理人才,以实现纳米科技的可持续发展。因此,发展纳米技术教育、培养纳米技术人才是高校和科研院所的重要职责<sup>[6]</sup>。

纳米技术人才培养是一门新学问,它需要对目前教育体制和课程设置进行改革与创新,需要对传统人才培养方式进行重新构思。高校应在充分调研的基础上,积极设立纳米产业人才培养计划及学科发展规划。首先在研究生教育中设置纳米技术专业,同时在相关专业和非相关高年级本科学生中开设选修课,摸索一些教学的一些经验,待时机成熟时,将相关专业高年级本科学生的选修课变成必修课,同时设置本科专业。就专业而言,应该设置纳米技术相关仪器设备的加工制造专业,以及这些设备的应用专业,加强现有人才的培训工作,提高我国纳米技术人才的竞争力。

### 4 企业主体行为

企业是产业的活动主体,在产业化主体的培育过程中,企业的参与是根本。没有企业参与,纳米技术产业化进程是难以为继的。

#### 4.1 传统企业积极参与,改造升级传统产业

纳米微粒具有小尺寸效应、表面效应、量子尺寸效应和宏观量子隧道效应,使得它们在磁、光、电、敏感等方面呈现常规材料不具备的特性。因此,如果纳米技术在功能高分子塑料和橡胶、功能涂料、建材、纺织、精细化工和轻工等具有传统产业中的应用,将带动这些产业的改造和产品的升级换代。

纳米技术本质上是跨学科领域,它不断向信息

技术、生物技术、新材料、医学、能源、环境等领域渗透和融合,并取得了重大进步。经过 20 年的研发,纳米技术正在完成从实验室到市场的转化,其商业化应用在全球范围内迅速展开,2006 年全球纳米技术产品的销售额已经超过 500 亿美元,这些产品加权平均价格比同类常规产品高出约 11 %。据 Lux 报告预测,未来几年全球纳米技术市场将持续快速增长,2014 年将达到 2.6 万亿美元,占全部制成品总价值的 15 %。另据著名的市场调查公司 RNCOS 2006 年发布的“世界纳米技术市场”调查报告,2005 年纳米电子产品市场规模已经达到 18.27 亿美元,预计 2010 年将达到 42.19 亿美元;纳米食品市场在 2006—2010 年将以高达 30.94 % 的年均复合增长率增长,2010 年达到 204 亿美元;纳米纺织品市场在 2007 年将达到 136 亿美元,2012 年有望达到 1 150 亿美元;纳米工具市场 2008 年将达到 9 亿美元,2013 年有望达到 27 亿美元<sup>[7]</sup>。

面对纳米技术产品巨大的市场容量,传统企业应与科研机构联手合作,引进纳米技术,进行产品创新和改造,从而在知识经济时代找到自己的生存和发展空间。

#### 4.2 风险投资企业参与,促进纳米技术创新和成果转化

纳米技术是一种高新技术,而高新技术产业系统的融资主要依赖于风险投资。1999—2003 年,美国私营企业投入纳米技术的风险资本呈增长趋势(见图 3)。从 2002 年开始,私营企业的风险资本比政府的投入增长幅度还略大<sup>[8]</sup>。

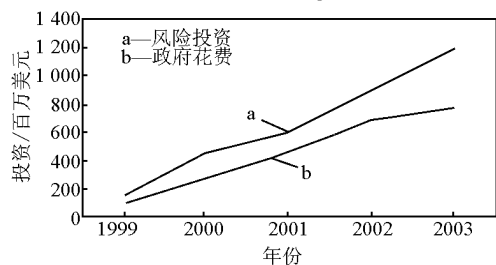


图 3 1999—2003 年美国政府和私营企业风险资本对纳米技术的投资

Fig. 3 Risk capital investment of government and private departments of U. S. A in nanotechnology between 1999 and 2003

2006 年,全球纳米风险投资约为 7 亿美元,与 2005 年相比增长了 10 %。事实表明,风险投资者对纳米技术的投资热情有增无减,2006 年更多名字中含有“纳米”一词的新企业获得了资助。

风险投资机构凭借雄厚的资金,将加快企业的技术创新投入,加速纳米技术的产业化进程。因此,风险投资企业应该纳入纳米技术产业化进程中的企业行为主体塑造。

#### 参考文献

- [1] 宋宏杰,孔寒冰,王沛民. 纳米技术产业化的瓶颈与对策分析[J]. 科技进步与对策,2004,(5):68-70
- [2] 胡乐江,张昕光,樊治平. 我国纳米技术产业化模式的研究[J]. 科研管理,2002,23(5):11-15
- [3] 韩可卫. 对我国实施标准化发展战略的思考[J]. 中国经贸导刊,2006,(10):28-30
- [4] 张立德. 我国发展纳米产业的思考:挑战和对策[A]. 全国粉体设备-技术-产品信息交流会[C]. 上海. 中国颗粒学会,2003
- [5] 徐斌,刘晓军. 纳米技术产业化现状[J]. 化工新型材料,2004,19(13):1-4
- [6] 白春礼. 纳米科技现在与未来[M]. 成都:四川教育出版社,2002
- [7] How Government is supporting the development of nanotechnology [P/OL]. <http://www.dti.gov.uk/innovationreport>
- [8] 王景涛. 新编风险投资学[M]. 大连:东北财经大学出版社,2005

(下转 89 页)