

中国科学院在我国纳米科技研究中的作用与地位分析^{*}

彭子龙¹ 孟激² 刘佩华¹

(1 中国科学院基础科学局 北京 100864 2 物理研究所 北京 100080)

摘要 本文结合我国、中国科学院纳米科技研究的发展历程,从研究项目的组织与实施、研究资源的优化与整合及研究成果的获得与影响等各方面对中科院在我国纳米科技研究中的作用与地位进行了分析,同时提出了中科院乃至我国在纳米科技研究领域存在的问题与建议,希望能对我国未来纳米科技发展有所裨益。

关键词 纳米科技,中国科学院,分析

纳米科技、生命科学、信息技术、认知科学被认为是影响未来人类生活的四大科技领域,而纳米科学技术作为促进后三大领域所有技术发展的基础,已成为当今世界最活跃的科技前沿。自美国于2000年出台“国家纳米技术计划(NNI)”以来,国际上掀起了纳米科技研究的热潮。目前几乎所有发达国家都对纳米科技的研究给予了大量投入,并制定了相应的战略规划,如日本的“2001—2005年科技发展基本计划”、澳大利亚的“国家竞争力计划”、欧盟的跨国纳米技术研究开发计划等,一些发展中国家也不甘落后,纷纷在纳米科技研究领域开展了高强度的研究和开发。

中国科学院早在上世纪80年代中期就已敏锐地意识到了初露端倪的纳米科技中所蕴涵的重大科学技术问题和巨大应用价值。1986年9月,邀请了德国H. Gleiter教授来华讲学,

介绍纳米晶材料和纳米尺度材料的概念和研究进展。这是我国纳米科技领域的第一次邀请外籍专家讲学。随后,中科院一方面积极组织相关研讨会和座谈会,凝练科学问题,寻求最佳切入点,另一方面也开始在相关研究所中进行前瞻性布局,启动了少量的研究项目。中科院的第一篇纳米科技综述和研究论文分别发表于1988年8月和10月^[1,2]。从时间上来说,与国际纳米科技研究几乎同时起步。我国(院)今天所取得的纳米科技研究成果也充分说明,中科院当初的判断是正确、及时、前瞻的。

1 研究项目的组织与实施

上世纪80年代中期,中科院就开始支持作为纳米科技研究的重要工具——扫描隧道显微镜(STM)和原子力显微镜(AFM)的研究,并先后研制成功了我国第一台STM^{**}和第

^{*} 收稿日期:2005年5月8日

^{**} 化学研究所于1987年建立了STM实验室,白春礼任实验室主任。次年5月20日,中科院组织鉴定了我国自行研制的两台STM,其一是北京电镜实验室与STM实验室(化学所)合作的无计算机控制的STM,另一是STM实验室独立研制的我国第一台计算机控制的STM。两台STM的研制分别获1989年中科院科技进步奖二等奖,1990年国家科技进步奖二等奖。随后,原子力显微镜AFM、激光检测AFM、低温STM、超高真空STM、弹道电子发射显微镜BEEM等的研制先后在STM实验室获得成功。

一台 AFM。该研究既提供了在纳米尺度上研究纳米结构和纳米尺度新现象的重要工具,其本身也是纳米科技重要的研究内容。国际科学界公认 STM 是纳米科技研究的“眼睛”和“手”,它的出现,促进了纳米科技作为一个新领域走向成熟。

80 年代末,中科院首先在几个研究所进行了前沿学科布局,开展了纳米科技的探索性研究。从国家“八五”计划开始,就设立了重点项目以支持该方向的研究。在 1999 年知识创新工程试点的初期,中科院抓住时机、瞄准纳米科技的前沿研究,投入 5 600 万元部署了有关纳米科技方面的重大和重点研究项目(见表 1)。这些项目集中了中科院在纳米科技研究领域的优势,率先在国内开展了科技攻关且成效突出,推动了学科的建设与发展,促进了人才队伍的组织与发展,使中科院在该领域的研究一直处于国内的领先地位。

我国其它科技部门对纳米科技研究的支持开始于“基础研究攀登计划”制定之后。1992 年,在该计划中支持了以中科院研究人

员为主体(负责人:严东生、冯端(南京大学)、张立德等)的纳米材料基础研究,该项目在“九五”和“十五”期间得到持续支持。自 1998 年启动“973”计划以来,至 2003 年在纳米科技领域共支持了 5 个研究项目(见表 2),其中中科院相关研究所作为第一承担单位的项目 3 项,占总数的 60%。

国家自然科学基金委员会在 1990—2002 年间资助的纳米科技领域内重大、重点、面上项目达 990 余项,经费约 2.2 亿元。从基金委在线数据库中以“纳米”作为关键词查询,得到相关项目的承担情况(见表 3)。从中看出,中科院承担的基金委重大项目接近总数的 40%,重点项目基本保持在 50%左右,面上项目则保持在 20%以上。

总之,中科院通过院内前瞻性的学科布局和实施先期研究项目,极大地推进了纳米科技研究领域的学科建设与发展,形成并扩大了纳米科技领域的研究人才队伍,从而在我国纳米科技研究领域确立了无可争议的“领头羊”地位。这一引领作用和地位在上述纳米科技领

表 1 中科院在知识创新试点工程初期部署的有关纳米科技前沿研究项目

属性	项目名称	期限	经费
重大项目	纳米科技基础问题	10/2000—09/2003	2 500 万
重大项目	纳米器件及其基础研究	01/2001—12/2005	2 300 万
重点项目	碳纳米管及相关材料	01/1999—12/2000	600 万
创新方向项目	单壁纳米碳管大量制备技术及其储氢应用研究	04/2001—03/2004	200 万
经费合计			5 600 万

表 2 1998—2003 年间纳米科技研究 973 项目情况

No	项目编号	项目名称	立项时间	第一首席	第一承担单位
1	G1999064500	纳米材料和纳米结构	1999	张立德	中科院固体所
2	G2001061900	自旋电子材料、物理及器件研制	2001	詹文山	中科院物理所
3	2001CB6105	纳电子运算器材料的表征与性能基础研究	2001	刘忠范	北京大学
4	2001CB6104	人工带隙材料的物理机制、制备及应用研究	2001	资 剑	复旦大学
5	2002CB613500	纳米尺度下材料性能(原位/外场下)的			
		表征及科学问题研究	2002	张 泽	中科院物理所

表 3 1999—2003 年间中科院承担的基金委项目情况

年度	2003		2002		2001		2000		1999	
	项目数	百分比	项目数	百分比	项目数	百分比	项目数	百分比	项目数	百分比
重大	7/18	38.89	19/48	39.58	3/8	37.50	0	0	0	0
重点	3/6	50.00	1/3	33.33	3/6	50.00	2/4	50.00	1/2	50.00
面上	55/268	20.52	29/292	9.93	32/155	20.65	20/80	25.00	15/54	27.78

注 项目数中列举的分子为中科院承担的项目数,分母为基金项目总数。

域国家“973”项目和基金项目等重大研究项目的承担情况中也得到了明确的体现。

2 研究资源的优化与整合

面对“纳米热”在国际范围内迅速升温,中科院经过全面、深入的研究分析,认为以我国的实际能力与发达国家在纳米科技领域进行全方位的竞争是不现实的,其后果极有可能是损害我国纳米科技的健康有序发展;同时基于前期的投入和发展,我国已经在纳米材料制备、检测技术等方面达到了国际水平,形成了高水平的人才队伍和设施条件。通过合理规划,统筹布局,强调“有所为,有所不为”,有能力在较短的时间内缩短与发达国家的差距,在新一轮的纳米科技竞争中占有一席之地。

基于此认识,中科院投资 100 万元于 2000 年 10 月 30 日成立了中国科学院纳米科学技术中心。该中心的主要目的是围绕国家重大科技计划任务,组织研究队伍,实现信息和设备的共享,加强不同学科的交叉和融合;通过联合与计算机网络的应用,推动中科院与国内其它研究机构的交流与合作,向企业提供技术咨询和服务,促进纳米科技产业化。

尽管中科院为整合资源进行了切实有效的统筹部署,但我国仍然没有一个国家级的纳米科学研究中心主导全国纳米科技的发展。据不完全统计,截至 2003 年全国共有 50 多所大学和研究机构从事纳米科技研究,这种各自为政的局面在大学和地方研究机构中尤为突出。因此,尽快建立国家纳米科学中心,搭建纳米科技平台并发挥其作用,成为当时我国发展纳

米科技的当务之急。国际调研也表明,多数发达国家均成立了国家级的机构来统一协调全国的纳米科技研究。在此情势下,中科院一方面积极组建院纳米科技中心,同时与国家教育部密切合作,积极向国家有关部门建议成立国家纳米科学中心。在国家发改委的支持下,国家纳米科学中心于 2003 年 3 月 22 日在北京正式挂牌,中科院副院长白春礼院士任中心主任。国家纳米科学中心的成立昭示着中国政府开始着力打造纳米科技领域中的“国家队”,加快研究和 Development 步伐。

与此同时,2001 年 1 月成立的国家纳米科技指导协调委员会也为组建国家纳米科学中心起到了重要的推动作用。该委员会制定的《国家纳米科技发展纲要(2001—2010)》,指导各部门制订了重大研究计划,部署了重大或重点研究方向,使我国支持的纳米科技研究逐步与国际主流趋于一致。在由 27 人组成的指导协调委员会中,有 5 人来自中科院,其中白春礼院士任委员会的首席科学家和副主任。

另外,为推动纳米技术基础领域标准化工作规范有序地开展,为纳米科技产业化做准备,同时保护国内纳米技术产业和市场的健康发展,挂靠在国家纳米科学中心的全国纳米技术标准化技术委员会和纳米技术专门委员会(隶属于中国实验室国家认证认可委员会)先后获准正式成立。

3 研究成果的获得与影响

3.1 研究论文

除前面提及的我国第一篇纳米科技综述

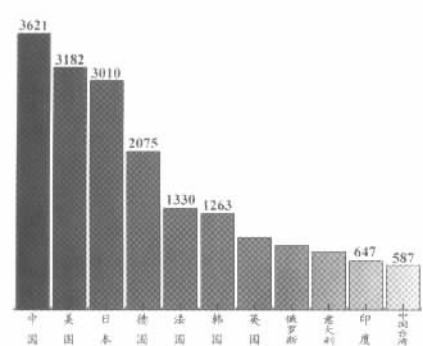


图 1 2004 年前 8 个月国际纳米行榜

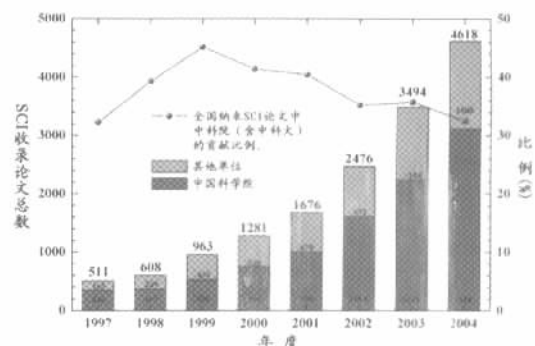


图 2 中科院在全国 SCI 收录的纳米科技论文中的贡献

和研究论文外，我国最早在 *Science* 和 *Nature* 上发表的纳米科技研究论文也同样来自中科院^[3-5]，而且文献[4]目前仍然是国内单篇引用率最高的研究论文。

通过对 1997—2003 年 *SCI* 收录的关于纳米科技研究论文发表的数量及其变化趋势的统计和分析，可以反映出我国的纳米研究在国际上的地位。

美国发表的有关纳米科技的论文一直占世界总和的 1/4—1/3。我国纳米科技的论文数量从 1997 年占世界总和的 7.73% 增至 2003 年的 15.38%，排名也从 1997 年的第 5 位上升到 2003 年的第 2 位，而 2004 年 *SCI* 收录数据统计显示，我国已位居世界第一（见表 4 和图 1）。在我国 *SCI* 收录的纳米科技论文中，中科院（含中国科技大学）的贡献平均达 36.3%（见图 2）。因此，从论文数量上也表明中科院在全国纳米科技研究中发挥着核心引领作用。

反映科技论文质量及其在世界上科技影响的一项重要指标是论文的引用率。令人自豪的是，我国纳米科技论文不仅在数量上已于 2004 年居世界第一，更为重要的是中科院的

纳米科技论文在论文引用率上也已居世界前茅。根据 Science Watch 于 2003 年 8 月发布的“Sweating the small stuff, 1992—2002”统计报告显示，在这 10 年间发表的纳米科技论文的被引用次数统计中，中科院纳米科技论文总引用次数排名第 4。从纳米科技论文的总体情况来说，中科院纳米科技研究在世界上已具备了相当的影响力。

3.2 国家科技奖励

从国家科技部网站查询到的纳米科技成果获国家级奖励情况，1996—2003 年间，纳米科技成果共获国家自然科学奖 12 项（二等奖 9 项，三等奖 1 项，四等奖 2 项），国家科技进步奖 1 项（二等奖），国家技术发明奖 6 项（二等奖 2 项，三等奖 3 项，四等奖 1 项）。其中中科院作为第一完成单位的获国家自然科学奖 7 项（占 58.33%），国家技术发明奖 2 项（占 33.33%）（见表 5）。由此可见，中科院的纳米科技成果得到国家主管部门和该领域专家的高度认可和肯定。

3.3 新闻媒体

我国自 1998 年开展“基础研究年度十大

表 4 中国纳米科技论文的世界排名

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
论文数	511	608	963	1281	1676	2476	3494	4618
排名	5	5	4	4	3	2	2	1

表 5 中科院纳米科技成果国家科技奖励获奖情况(1996—2003)

奖种	等级	项目名称	主要完成人	主要完成单位
国家自然科学奖	二等	C ₆₀ 的化学和物理若干基本问题研究	朱道本等	化学所
	二等	高分子稳定金属纳米簇的合成及催化研究	刘汉范等	化学所
	二等	新型无机聚合物的设计合成、结构规律与性能研究	洪茂椿等	物构所
	二等	定向碳纳米管的制备、结构和物性的研究	解思深等	物理所
	二等	纳米非氧化物的溶剂热合成与鉴定	钱逸泰等	固体所
	三等	纳米金属材料的形成、微观结构及性能研究	卢柯等	金属所
国家技术发明奖	四等	新材料界面精细结构及其对性能的影响	李斗星等	金属所
	三等	激光法高产率一体化低成本制备纳米硅基系列粉技术	梁勇等	金属所
	四等	尺寸可控纳米氧化铝和纳米钛酸钡的制备和应用	张立德等	固体所

新闻”的评选活动以来,其评选结果一直得到广大公众、特别是科技工作者的高度关注。我们收集整理了 1999 年以来的入选“基础研究年度十大新闻”的纳米科技研究成果,可以看到除了 2002 年以外,每年的十大新闻中都有纳米科技相关的成果入选。特别需要指出的是,曾入选年度十大新闻的全部 12 项纳米科技相关成果中,有 10 项是由中科院完成的。

综上所述,中科院凭借其对科学的敏感性和洞察力,在国际纳米科技发展的初期即敏锐地意识到其中重大的科学问题和巨大的应用价值,并率先进行了前沿学科布局,资助部分探索性研究项目。在全国纳米科技研究出现各自为政的分散、混乱局面的关键时期,为推动我国纳米科技的健康有序发展,联合国家教育部促成了国家纳米科学中心的诞生。实施知识创新工程试点以来,中科院逐步加大了对纳米科技研究的资助强度,加强了全院范围的学科布局和规划,及时对纳米科技发展“充电”,为该领域成果产出和人才培养起到了很好的催化作用。

4 我国(院)纳米科技存在的问题与建议

(1) 我国(院)在纳米材料和物性方面的

研究工作基本与国际同步,虽然目前在国际上占有一席之地,但要保持这样的发展态势,有较大困难。由于研究工作对纳米材料和物性的分析、表征手段提出较高的要求,而我国(院)在高精度仪器的研发方面能力较差,在今后国际竞争中,将受到实验条件的制约,例如缺乏对样品进行实时观察的高分辨电镜手段等。建议中科院集中在几个有条件的单位开展仪器研发工作,用我们自制的国际一流仪器,做出国际一流的工作。

(2) 纳米微加工和器件制备,是今后工作的“瓶颈”。我国(院)在微纳电子加工和器件制备的条件虽然有较大的改善,但与发达国家和地区比,差距仍然很大,将制约我国未来纳米器件的研究与应用。建议中科院在“十一五”期间,建设或改造一条高水平的微纳加工的实验线,为全院的纳米器件制备提供必要的条件。

(3) 前几年,我国(院)的纳米科技研究活动主要集中在基础研究方面,应用研究仅限于科技含量较低的材料领域,这一情况与国际上的情况大致相同。目前,国外已将注意力集中到与信息、通讯技术相关的微纳器件加工与

集成、单电子、单分子器件、纳米生物与医学等方面。中科院也已经在这些领域做了前期布局,但要取得突破性进展,还需加大投入,加强应用研究,进一步建立和完善纳米科学各个领域的知识框架。

(4) 开展纳米材料和技术安全性评价研究,全面、科学、正确地认识纳米材料的性能,重视纳米材料和技术应用可能产生的负面效应(尤其是生物效应)和应对措施的研究。

从基础性探索研究转变到目标明确的应用研究上,需要集中研究力量攻关。中科院前期布局的方向性项目和重大项目已有很好的开端,为保持这一优势,建议在“十一·五”期间仍然以重大项目的形式组织全院的力量,在纳米科技的几个分支领域做出有特色、有影响的工作。

致谢 感谢固体物理所张立德研究员、物理所解思深院士和国家纳米中心查连芳研究员为本文提供宝贵的原始资料和信息,并提出具体的修改意见。

主要参考文献

- 1 葛庭燧. 毫微晶材料的制备、结构和性能. 兵器材料科学与工程, 1988 年.
- 2 朱勇, 沈辉. 纳米晶铝的力学特性. 国际材料物理学术年会会议文集, 1988 年.
- 3 Y Xie, Y T Qian, W Z Wang et al. A Benzene-Thermal Synthetic Route to Nanocrystalline GaN. Science, 1996, 272: 1926-1927.
- 4 W Z Li, S S Xie, L X Qian et al. Large-Scale Synthesis of Aligned Carbon Nanotubes. Science, 1996, 274:1701-1703.
- 5 Z W Pan, S S Xie, B H Chang et al. Very long carbon nanotubes. Nature, 1998, 394 (6694): 631-632.
- 6 Kostoff R N, The (Scientific) Wealth of Nations. The Scientist, 2004.

Analysis of Function and Status of CAS in National Nanotechnology Research

Peng ZiLong¹ Meng Wei² Liu Peihua¹

(1 Bureau of Basic Science, CAS, 100864, Beijing 2 Institute of Physics, CAS, 100080, Beijing)

In this paper, the function and status of CAS (Chinese Academy of Sciences) in national nanotechnology research was analyzed, based on the development process of nanotechnology research in CAS, including organizing and operating of research programs, optimizing and conforming of research resources, obtainments and impacts of research productions. Meanwhile, the problems existed in nanotechnology research and advices were indicated, which were wished be benefit to our future development of nanotechnology.

Keywords Nanotechnology, CAS, Analysis

彭子龙 中国科学院基础局物理与化学处博士。2001 年获华中科技大学博士学位, 2004 年 2 月在物理研究所磁学国家重点实验室博士后出站。