

DISICI
LANGCHAO
-NAMI
CHONG
JIBO

第4次浪潮

纳米冲击波

■ 纳米材料首席科学家 张立德 著



中国经济出版社

www.economyph.com

第四次浪潮

——纳米冲击波

纳米材料首席科学家 张立德 著

DISICI

LANGCHAO

-NAMI

CHONG

JIBO

中国经济出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

第四次浪潮——纳米冲击波/张立德著. —北京: 中国经济出版社, 2003.1

ISBN 7-5017-5700-3

I. 第… II. 张… III. 纳米材料—技术—研究
IV. TB383

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 063678 号

责任编辑: 张新安

电话 68354170

封面设计: 白长江

第四次浪潮——纳米冲击波

张立德著

*

中国经济出版社出版发行
(北京市百万庄北街 3 号)

邮编 100037

各地新华书店经销

北京市艺辉印刷有限公司印刷

*

开本: A5 1/32 7.125 印张 133 千字

2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

印数: 10610 册

ISBN 7-5017-5700-3/F·4571

定价: 19.80 元

引 言

上一世纪 80 年代末崛起的纳米科学技术是 21 世纪最富有活力、最富有挑战性的新科技。在纳米尺度空间认识自然，进行知识技术和产品的创新是一种崭新的生产方式和工作方式，它与传统的工作方式截然不同，必然对社会进步、经济发展、国家安全和人民生活水平的提高产生深远的影响。世界各国对发展纳米技术都给予了足够的重视，发达国家都纷纷制定发展纳米科技的战略，普遍认为纳米科技是继蒸汽机技术、电气化技术和微电子技术之后又一次引导新产业革命的主导技术。在某种意义上说纳米技术不但是高科技领域的制高点，而且它将决定一个国家、一个民族在未来政治、经济竞争格局中所处的地位，它将给世界经济在新世纪快速发展提供极好的机遇。我们必须从战略的高度思考纳米科技的战略地位，正确认识和理解纳米科技的基本科学内涵，它不仅是尺度的概念，更重要的是在纳米尺度范围内物质的性质和相应的技术都发生了质的变化，正是由于这种质变才赋予纳米科学技术有新的活力和改变人类未来工作方式和生活方式的巨大潜力。

纳米科学技术在认知上也将给人类带来一次新的革命。在纳米空间，许多新的现象、新的规律需要人们去认识和理解；新的概念和新的理论需要人们去建

立,这就为人们创新提供了广阔的空间。人们不能用传统的观念和理论来解释纳米尺度空间出现的现象,这个人们在过去几十年之前从未涉足的“中间领域”所出现的奇特现象,将驱动人们去努力探索和创新,一场新的科技革命正在酝酿。

著名的西班牙诗人塞万说:“我们正处在一个充满挑战也是充满机遇的时代,但机遇永远落在有准备的人们头上。”我国是发展中的国家,工业革命以来三次主导技术引发的三次产业革命,我们都丧失了良机,面对纳米技术引发的第四次浪潮,我们没有理由犹豫,必须迎头赶上,抓住机遇,实现跨越式的发展。从现在开始必须做好准备,制定符合中国国情的发展纳米技术的战略,在原始创新和实用化技术两个方面发展纳米科学技术。要充分认识到纳米技术创新的难度,要加强各学科之间的碰撞,重视纳米技术与常规技术和高技术交叉创新,逐渐建立和发展以纳米技术为主旋律的新产品和产业,以市场为导向,规范纳米科学技术的基础研究、应用研究和开发研究。

为了向广大读者提供纳米科学技术的信息,引导人们从战略高度上正确认识纳米科学和技术,我们编写了这本小册子,如果能达到上述的目的,或者能使读者多少有点受益,笔者将备感欣慰。感谢所有的读者,感谢帮助过我的所有同仁。

作 者

二〇〇二年七月

目 录

第一章 纳米冲击波将引发第四次浪潮 /001

- 1.1 纳米冲击波倍受关注 /004
- 1.2 纳米冲击波将改变人们的工作方式 /006
- 1.3 世界各国对纳米冲击波的反应 /007
- 1.4 纳米冲击波的潜在力 /012
- 1.5 纳米冲击波对各个领域的冲击 /015

第二章 纳米科技的现状与发展 /025

- 2.1 纳米科技的基本概念 /028
- 2.2 纳米科技的发展 /031
- 2.3 纳米科技的分支领域 /032
- 2.4 纳米科技领域的新进展 /034
- 2.5 纳米材料和技术领域的研究 /039
- 2.6 纳米材料与其它学科的交叉、渗透 /045
- 2.7 纳米结构的研究 /049
- 2.8 纳米材料在高科技中的地位 /054

第三章 纳米技术——

第四次产业革命的主力 /059

- 3.1 科学发现促进技术进步 /063
- 3.2 纳米技术是新产业革命的主导技术 /067
- 3.3 三次产业革命的回顾 /075
- 3.4 三次产业革命的启示 /082

第四章 国际纳米技术产业概况 /089

- 4.1 纳米材料产业 /091
- 4.2 信息技术产业 /093
- 4.3 生物医药产业 /094
- 4.4 能源环境产业 /096
- 4.5 市场预测 /097

第五章 我国纳米技术产业现状 /101

- 5.1 纳米材料应用的现状 /106
- 5.2 传统产业纳米技术的应用 /111
- 5.3 环保领域纳米技术的应用 /114
- 5.4 能源领域纳米技术的应用 /115
- 5.5 纳米药物的开发 /116
- 5.6 电子原器件领域纳米技术的应用 /117

5.7 发展我国纳米产业的指导思想 /118

5.8 我国应重点发展的纳米产业 /119

5.9 发展纳米技术应注意的问题 /125

第六章 国际纳米科技的新动向 /127

6.1 纳米技术发展速度加快 /129

6.2 金融资本和技术资本相结合加速了纳米技术的商业化 /133

6.3 著名大公司介入加速了纳米技术的市场化 /135

6.4 计算机和 IT 产业加速了纳米技术的实用化 /136

6.5 纳米科技的最新成就(2002 年) /137

第七章 纳米技术科普报告 /141

7.1 纳米科技的战略地位与发展趋势 /143

7.2 抓住机遇迎接挑战 /161

7.3 迎接新的产业革命 /173

7.4 发展纳米技术刻不容缓 /186

7.5 国际纳米科技新动态及我国面临的挑战 /200

7.6 新动向和新成就 /213

第一章

纳米冲击波将引发第四次浪潮

- 纳米冲击波倍受关注
- 纳米冲击波将改变人们的工作方式
- 世界各国对纳米冲击波的反应
- 纳米冲击波的潜在力
- 纳米冲击波对各个领域的冲击

纳米技术将引发下一场工业革命。

——2000 年克林顿总统向国会发布的美国纳米技术促进计划报告标题

纳米和纳米以下的结构是下一阶段科技发展的两个重点，会是一次技术革命，从而将是 21 世纪又一次产业革命。

——钱学森

“我的预算支持一项价值 5 亿美元的重要的新国家纳米技术计划。…能够在原子和分子水平上操纵物质。想象一下这样的可能性:强度为钢的 10 倍而重量只有钢的一小部分的材料;把国会图书馆的所有信息压缩进一个方糖大小的装置;在癌肿瘤只有几个细胞大小时就能探测出来。我们的一些研究目标也许需要 20 年或更长时间来完成,但这正是联邦政府发挥重要作用的原因所在。”

克林顿总统的 2001 财政年度预算请求中包括,增加 2.25 亿美元(比上一年度增加投资 83%)的联邦政府投资,用于纳米技术与开发。政府把这项被称为国家纳米技术计划(NNI)的重要的新计划作为科学技术方面的头等优先事务。在新兴的纳米科学和纳米工程领域中,一个引人注目的技术就是能按人的意志和需要精确地搬迁原子和分子,构筑新的纳米结构,这种对原子分子进行控制的技术,使人们的创新能力延伸到纳米尺度空间。这将引起一场新的认知革命,这将使人们对纳米尺度物质的构成和新型纳米结构器件的构筑在原理上有所理解和认识。这些发展可能

会改变几乎所有物体，从疫苗到计算机到汽车轮胎直到还没有想象过的物体的设计和制造方式。因此，纳米技术可以与工业革命以来蒸汽机技术、电气化技术和微电子技术相比拟，将对未来社会的发展产生深远的影响。一场以纳米技术为主导，推动各个领域生产方式的变革，势必引发 21 世纪一次新的产业革命。

1.1

纳米冲击波倍受关注

纳米科学和工程的前景倍受世人关注。1998 年 3 月，美国前总统科学顾问 Jahu H · Gibbons 博士认为纳米技术是决定下世纪经济发展的五大技术之一。一些政府部门已在积极进行纳米科学研究与开发。美国国家科学基金会 1991 年开始实行纳米微粒合成和加工计划，1994 年启动国家纳米制作用户网络，并在 1998 财政年度预算中强调了纳米科学和工程。美国国防部 1997 年把纳米技术列为一个战略性研究目标。美国国家卫生研究所（NIH）在其 1999 年生物工程合作项目（BECON）中把纳米生物技术列为一项重要研究课题。

1999 年 5 月 12 日，诺贝尔奖获得者 Richard Smalley 在向参议院科学和空间分委员会作的证言中总结道：“我们将有能力建造与物理特征长度（电子平均自由层、波尔半径和超导相干长度）尺度相当的物体。大胆地向这个新领域迈进，符合我们国家的最佳利益。”1999 年 6 月 22 日，美国科学委员会基础研究分

委员会组织了一次听证会,主题是“纳米技术:纳米科学的现状及未来十年的展望”。分委员会主席,密执安州的 Nick Smith 在为听证会的总结中说:“纳米技术是在健康、制造、农业、能源使用和国家安全等方面取得突破的希望。已有足够的信息显示需要积极地为这个领域提供资金。”

2000 年度美国政府对纳米科技投资翻了一番,这不但表明美国政府加快发展纳米技术的决心,同时也给各学科各领域交叉创新提供了新的支持,也给跨学科发展纳米技术创造了新的机遇。从美国政府各个部门对发展纳米技术的支持可以看出,美国政府从上到下十分重视发展纳米技术。2000 年美国打破了常规的作法,把过去个别部门对纳米技术的支持进行集成,变成一个国家的行为,以利各个部门大力协同,支持纳米技术的繁荣。参与制定和执行美国纳米科技计划的部门有:国家科学基金 (NSF),国防部 (DOD),能源部 (DOE),国家卫生研究所 (NIH),国家航空与航天局 (NASA)和商业部国家标准技术协会 (NIST)。这样气势庞大的计划,涉及面之宽,研究内容之广在美国科学计划的历史上都是少见的。美国制定的 NNI 计划,正是以对纳米技术未来发展的潜力和影响力有高度的认识为基础,做出了正确的判断和选择,为美国在本世纪前几十年社会经济快速发展奠定了基础。认识的高度是制定远见卓识战略的基础,而领导者认识的高度,又是抓住新发展机遇的关键。

美国国家纳米技术计划起草组的组长,前美国科

学技术主席助理 Neal Lane 博士说：“如果人们问我哪个科学和工程领域最有可能在未来产生突破性成就，我认为会是纳米科学和工程。”

美国政府官员对纳米技术潜力的认识已有几年的历史，这为美国发展纳米技术计划 NNI 的出台创造了良好的条件。



纳米冲击波将改变人们的工作方式

纳米技术将引起一场各个领域生产方式的变革，也将改变未来人们的生活方式和工作方式。

纳米技术将使目前的计算机硬盘和软盘的存储密度大大提高，芯片的存储能力还将提高 10 万倍到 100 万倍，单位面积的存储密度将达到 $10^{11} \sim 10^{12}$ 比特，这样就能把美国国会图书馆的所有资料缩进一个方糖大小的装置；自下而上组装构筑新的器件，制造新的物质成为纳米技术中一条重要的工作方式，这样不但能节省原材料，减少污染，节省能源，而且可以按照人们需要设计自然界存在的（仿生技术）或者自然界上不存在的新的物质；开发强度为钢的 10 倍而重量只有钢的几分之一轻质高强纳米结构的材料，并用这种纳米材料制造交通、宇航、海洋技术所需要的新型交通工具及其相应的部件；用纳米技术还可以使计算机的速度再提高 1000 倍到 10 万倍，能耗再降低 10 万倍到 100 万倍，纳米晶体管和芯片的尺度进一步缩小，在此基础上

制造的计算机性能更加优越,它将使今天的奔腾 IV 相形见绌。作为纳米技术的重要组成部分,纳米生物医药和医疗方式将出现一场新的变革,基因芯片和靶向治疗技术都将为医疗诊断产生变革,利用基因芯片能精确地分析人体血液中的血糖含量、酸碱度以及血液中各种组织的健康状况,可以对人体各个器官健康的程度做出判断,实现疾病的早期诊断,通过靶向诊断和治疗技术,可以对早期癌变进行预测;纳米技术对空气中 20nm 的污染物和水中 200nm 的污染物清除的能力是其它技术不可代替的,用纳米技术可以实现对细菌和病毒的抑制,控制它们的繁殖能力,有利于人体的健康。利用纳米材料和技术设计新型太阳能电池,可以使太阳能到电能的转换效率提高一倍。

纳米技术对人文科学和社会科学各个领域也将产生很大影响,人们必须以创新的思路研究纳米科技对科学、教育、道德、法律等各个领域的影 响。这种研究能帮助我们分清潜在的问题,指导我们今后如何对可能需要采取的措施进行有效干预。

如何抑制纳米技术的负面影响,最大限度的发挥纳米技术的积极作用,这不仅是科学家的责任,也必须在道德、法律等方面制定新的规范,促进纳米技术和社会协同发展。

13

世界各国对纳米冲击波的反应

21 世纪的钟声刚刚敲响,人们没有陶醉于 20 世

纪所取得的辉煌成绩,尤其是发达国家的政治家、经济学家和科学家都在思考一个问题,即如何迎接新的挑战,如何在 21 世纪特别是前几十年,继续保持社会的高速发展,经济上的快速增长;如何创造一个新的奇迹,把人类社会带入一个新的阶段。著名的西班牙诗人塞万说:“我们正处于一个充满挑战的时代,也是充满机遇的时代,但是机遇永远落在有准备人们的头上。”为了迎接新的产业革命,发达国家都认准了纳米技术将给社会发展带来新的机遇,因此都纷纷制定发展纳米技术的计划,为抓住新机遇进行准备。2000 年美国 NNI 计划概要的标题就明确的写出“国家纳米计划——导致下一次工业革命”。

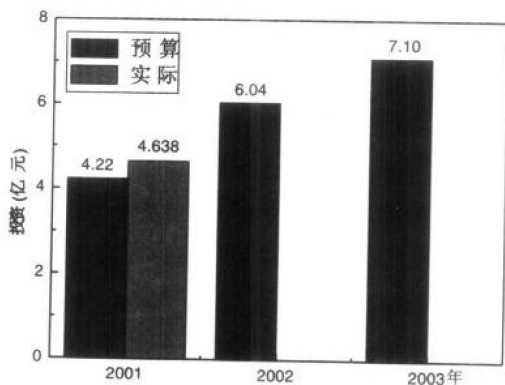


图 1-1 美国纳米科技的政府投资

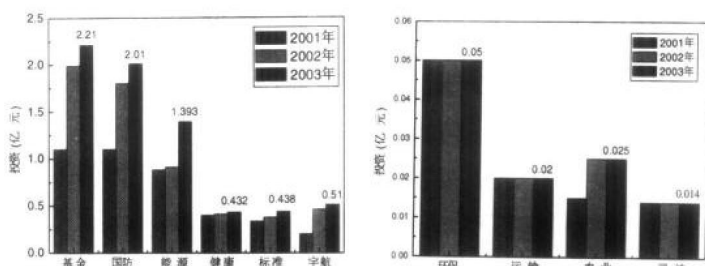


图 1-2 2001—2003 年美国各部门投资情况

在 1999 年 12 月 14 日美国总统科学技术顾问委员会 (PCAST) 致克林顿总统的信中描述:“NNI 是一项头等政府优先事务和一个出色的多部门框架,能够确保美国领导这个新兴领域,而要想在下世纪上半叶保持经济和国家安全的领先,确立我们在该领域的领导地位,制定这个计划是必不可少的”。“这项计划将支持长期的纳米级研究与开发,这种研究与开发会带来材料和制造、纳米电子学、医学和保健、环境和能源、化学和制药工业、生物工程和农业、计算机和信息技术,以及国家安全等领域的潜在突破。”专家们认为纳米技术对社会经济的影响力至少不亚于 20 世纪初青霉素的发现和塑料的发明,可以与微电子技术代替真空电子技术引发第三次产业革命相比拟。正向前美国总统科技顾问威廉姆斯所预计的那样“纳米技术的影响将超过计算机”。

日本政府十分重视发展纳米技术,从 70 年代以来