

人类未来的希望

RENLEI WEILAI DE XIWANG

蓝色纳米

LANSE NAMI

◎ 叶向东 郭正光 等 / 编著 ◎



中国经济出版社
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

人类未来的希望——蓝色纳米

丛书主编 叶向东

本书主编 郭正光

编著者 叶向东 郭正光 张金福

中国经济出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

人类未来的希望. 蓝色纳米/叶向东, 郭正光等编著. —北京: 中国经济出版社, 2005. 8

ISBN 7-5017-6909-5

I. 人... II. ①叶... ②郭... III. ①科学知识-普及读物
②纳米材料-普及读物 IV. Z228

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 016460 号

出版发行: 中国经济出版社 (100037 · 北京市西城区百万庄北街 3 号)

网 址: www.economyph.com

责任编辑: 路巍 鲁文霞 (E-mail: luweihi@yahoo.com.cn)

责任印制: 石星岳

封面设计: 白长江

经 销: 各地新华书店

承 印: 三河市华润印刷有限公司

开 本: 880mm × 1230mm 1/32 印 张: 6.875 字 数: 177 千字

版 次: 2005 年 8 月第 1 版 印 次: 2005 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5017-6909-5/F · 5532 定 价: 17.50 元

版权所有 盗版必究 举报电话: 68359418 68319282

服务热线: 68344225 68369586 68346406 68309176

编委会

(以姓氏笔画为序)

顾问：张蔚萍 唐京伟 谢联辉

主任：蔡德奇

副主任：叶恩发 李烈坤 郭 专

丛书主编：叶向东

丛书策划：叶向东

编委会委员：

叶恩发	叶向东	叶小英	李烈坤	李劲青	刘燕芬
张蔚萍	张志强	卓士辉	陈茂榕	陈英禄	周 青
吴章霖	林友华	林 莹	郭 专	郭正光	唐京伟
徐御寿	谢联辉	龚高健	黄晨曦	蔡德奇	

内 容 简 介

《蓝色纳米》是以蓝色理念为基础的一套纳米科技与纳米经济理论，全书共七章。它以纳米科技与纳米经济的发展为主线，系统地介绍了人类未来的希望蓝色纳米科技的诞生与发展、纳米材料及其制备、纳米技术、纳米扫描隧道显微术、超级纤维、纳米储存器、纳米超微机电系统、微型纳米机器人、生物导弹、纳米经济、纳米制度、纳米生活、纳米科技的可持续发展、国内外纳米科技进展、纳米科技未来发展规划和发展方向、纳米时代、纳米科技的哲学反思与价值重估及中国纳米科技产业化的瓶颈与未来对策问题。

纳米科技事业的发展迫切需要纳米科学的理论指导，编著者正是顺应了这种客观要求，编写了这本以纳米基本理论和技术为内容的纳米科技通选读物，该书对纳米科技与经济的论述深入浅出，不仅可以作为纳米科技的教材，对于广大科技教育工作者、科普爱好者和青少年也是一本很好的参考读物。

序

现代科学技术正在加速向前发展。每一个领域里的惊人进步，都在人们面前展现出越来越广阔的未知世界。传统观念和理论受到有力的冲击和挑战，层出不穷的新课题激励着我们去探索。现代技术的突破性进展，使新技术革命的浪潮席卷全球，正在引起生产组织、产业结构和社会生活的重大变革。在这种形势下，积极推动科学理论的研究和科学事业的发展，特别上推动那些具有科学价值和未来意义的开发性探索，更是具有特殊意义。

展望未来，信息科学技术、生物科学技术、纳米科学技术将成为发展迅速，带动科技经济社会进步的前沿学科。环境、能源、材料、航天、海洋等科学技术将继续发展，解决人类所面临的持续发展的问题。同时，社会进步和经济发展对科技的需求，又不断为人类今后如何驾驭科学技术这一骏骑，如何继续攀登科技高峰提出了新的课题。

一个国家的科学技术不仅体现在少数科学家的科技成就中，更要体现在广大群众对科学技术的理解、掌握和应用之中。“科技先行，以人为本”有赖于公众科技文化素质整体水平的提高。党的十五大报告明确提出，要把加速科技进步放在经济和社会发展的关键地位，使经济建设真正转到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来。因此，弘扬科学精神、传播科学知识和科学方法，任务重大，意义深远。《人

《人类未来的希望丛书》是一套带有学术性、探索性、哲理性和趣味性的科技读物。该丛书分十册出版，即：《人类未来的希望——蓝色星空》、《人类未来的希望——蓝色经济》、《人类未来的希望——蓝色文明》、《人类未来的希望——蓝色科技》、《人类未来的希望——蓝色教育》、《人类未来的希望——蓝色纳米》、《人类未来的希望——蓝色基因》、《人类未来的希望——蓝色生态》、《人类未来的希望——蓝色军事》、《人类未来的希望——太空旅游》。

全套丛书介绍了多个不同学科的起源、发展历程、重大科技成就，以及未来学科发展的态势，为广大读者特别是高中以上文化程度的各阶层读者提供了一套科学性、知识性、前瞻性、趣味性和可读性相统一的科技读物。相信通过阅读这套丛书，不仅能够帮助读者拓宽知识领域，而且对于他们选择未来发展方向起到引导和参考作用。《人类未来的希望丛书》定会受到广大读者的欢迎。

福建省政协副主席
福建省科技厅厅长

2005年6月

丁金敏

目 录

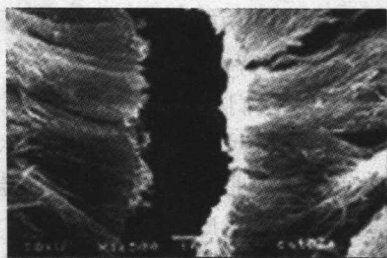
第一章 蓝色纳米	1
第一节 纳米科技——人类未来的希望	1
第二节 纳米科技的诞生及发展概况	13
第二章 纳米材料	29
第一节 纳米材料概述	29
第二节 纳米材料的制备	41
第三节 纳米材料的研究	42
第三章 纳米技术	47
第一节 超微加工技术	47
第二节 生物芯片技术	54
第三节 纳米电子材料及其组装技术	57
第四节 有机分子纳米技术	59
第五节 纳米药物技术	74
第四章 蓝色纳米科技的应用	81
第一节 蓝色纳米——纳米碳管	81
第二节 纳米芯片缩微技术	86
第三节 纳米微型机器	94
第四节 超级蓝色纳米	101
第五节 纳米科技材料的主要应用领域	105
第六节 纳米科技材料在环保中的应用	124

第五章 蓝色纳米科技时代	129
第一节 蓝色纳米经济	130
第二节 蓝色纳米制度	141
第三节 蓝色纳米生活	143
第四节 蓝色纳米的可持续发展	149
第六章 蓝色纳米科技的未来	152
第一节 纳米科技研究概述与 21 世纪发展战略	152
第二节 美日纳米科技发展概述	163
第三节 世界纳米科技	168
第四节 科技之星：蓝色纳米	171
第五节 纳米智能材料的时代	176
第七章 纳米热的冷思索	183
第一节 纳米过热了吗	183
第二节 纳米科技的角逐	186
第三节 纳米科技的战略思考	191
第四节 纳米科普任重道远	193
第五节 蓝色纳米科技的产业化问题	201
主要参考文献	205
后 记	209

第一章 蓝色纳米

第一节 纳米科技——人类未来的希望

一、纳米世界的美妙画卷



Nano- 来源于拉丁语中的一个词头，是非常小、渺小的意思；在国际单位制中通常表示为 10^{-9} 量级。纳米（nanometer, nm）则是一个长度单位， $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ 。1 纳米是 1 米的 10 亿分之一，相当于 10 个氢原子一个挨一个排起来的长度。20 纳米相当于 1 根头发丝的 $1/3000$ 。而纳米技术则是指在纳米尺寸范围内，通过直接操纵和安排原子、分子来创造新物质。这个长度单位已被采用了很长的时间，科技工作者对其并不陌生。但绝大多数人没有想到，在今天，这个单位名词会被如此广泛地使用，会成为老百姓茶余饭后津津乐道的话题。科学家告诉我们，于细微处显神奇的纳米技术“润物细无声”，已经悄然进入寻常百姓的生活，渗透到了衣、食、住、行等领域。纳米技术可使许多传统产品“旧貌换新颜”，把纳米颗粒或者纳米材料添加到传统材料中，可改进或获得一系列的功能。这种改进并不见得昂贵，

但却使产品更具市场竞争力。纳米的世界丰富多彩，离我们却并不遥远。

美国物理学家理查德·费恩曼教授是纳米科技最早的倡导者。他在1959年就为我们描绘出了一幅纳米科技的美妙画卷。随后，陆续地有许多科技工作者在自己的研究领域中，或多或少地涉及一些对具有纳米尺度结构的加工制造、纳米微粒材料的制备以及特性的研究，等等。特别是1982年扫描隧道显微镜的发明，使得人类可以在室温、大气或液相条件下看到一个一个的原子，这如同为我们配了一副更加清晰的眼镜，让人类的视力获得了大大的延伸，能很容易地达到纳米尺度的观察要求，可使人们能够在自己的意愿下，进行搬迁原子的操作和测量在纳米尺度微区域内的性质。总之，这些显微技术为我们人类提供了一种功能非常强大的工具，使得我们能便利地进入到纳米尺度的微观世界。

在纳米尺度的世界里，我们的确已经领略到了非常奇妙的景象。当材料的特征尺度降低到纳米尺度时，会因为小尺寸效应、量子效应、界面或表面效应等而出现明显不同于我们在宏观世界中常规材料的新性质。由于传统陶瓷材料质地较脆，韧性、强度较差，因而其应用受到了较大的限制。随着对纳米材料的制备与表征手段的深入研究和广泛应用，纳米陶瓷应运而生，希望以此来克服陶瓷材料的脆性，使陶瓷具有像金属一样的柔韧性和可加工性。纳米科技对电子学、光子学以及信息科技发展的推动，在于立足于最新的物理理论和最先进的加工制造工艺手段，按照全新的理念来构造光、电子等信息传输与处理系统，由此开发物质潜在的储存和处理信息的能力，实现信息技术的跨越式的革命性发展，为纳米计算系统的实现带来了希望的曙光。纳米生物医学可以在纳米尺度上了解生物大分子的精细结构及其与功能的关系，获取生命信息。在不久的将来，被视为当今疑难重症的艾滋病、高血压及癌症等问题都将迎刃而解！

我们完全有理由对纳米科技的发展以及将为我们带来的美好未来充满信心、欢欣鼓舞。同时，我们也需要冷静、客观地分析和看待不同阶段对纳米科技发展的限制因素，最重要的是我们要始终保

持对发展纳米科技应有的信心，并愿为此做出不懈的努力。对从事纳米科技研究与发展的科研人员来说，都有一个共同的心愿，这就是尽量减少对纳米科技发展浮躁的、不切实际的与不分阶段的过高期望，而应该更多地加强纳米科技知识的普及与宣传，惟有这样，纳米科技才可能健康正常地发展。

二、纳米科技革命

科技进步是永无止境的，在 20 世纪 90 年代人们关注信息革命的发展时，纳米技术异军突起。纳米科技的研究和开发虽然时间很短，但就目前已取得的成果和广阔的应用前景而言，已引起世界各国的密切关注。美国总统科技助理在 2000 年 2 月写给国会的信称：“纳米技术将与信息技术和生物技术一样，对 21 世纪经济、国防和社会产生重大影响，可能引导下一场工业革命，应把它放在科学技术的最优先地位”。

“纳米”是英文 nanometer 的译名，是一种度量单位，纳米为 1% 毫米，即 1 毫微米，也就是 10 亿分之一米，约相当于 45 个原子串起来那么长。纳米结构通常是指尺寸在 100 纳米以下的微小结构。纳米科技的基本概念，最早是由被认为是继爱因斯坦以后最伟大的物理学家理查德·费恩曼，在美国物理学年会上做题为《物质底层有大量空间》的演讲时提出的，当时他曾预言：“未来的人类有可能将单个原子作为建筑构件，在最底层空间制造任何东西！”自从 1982 年扫描隧道显微镜发明后，便诞生了一门以 0.1 纳米~100 纳米长度为研究对象的前沿科学，这就是纳米科技。纳米科技以空前的分辨率为人类揭示了一个可见的原子、分子世界。它的出现，标志着人类在改造自然方面进入到了一个崭新的层次，即从微米层次深入到原子、分子级的纳米层次，使得人类最终能够按照自己的意愿操纵单个原子和分子，以实现微观世界的有效控制。

专家们认为，正像产业革命，抗菌素、核能和微电子技术的出现和应用所产生的巨大影响一样，纳米技术将创造人们想象不到的诸多奇迹，成为信息时代的核心技术。人们曾将 21 世纪称做“光的

时代”、“高度信息化的时代”和“生物工程时代”等，但是无论哪一个，它的技术关键就是量子效应。而纳米技术就是出现量子效应的一种独特的结构技术，也就是说，它在本质上一开始就是以量子论支配的世界为前提的，因此，纳米技术很可能引起计算机革命、光革命甚至生物工程革命。

纳米技术之所以重要，是因为金属或非金属被制成 100 纳米的物质时，其物理性能和化学性质会发生出乎意料的变化，主要表现在强度、韧性、比热、导电率、扩散率、磁化率以及对电磁吸收性发生巨大变化等。因此，利用纳米技术制定原子构成分子，制造出各种各样具有“特异功能”的新材料，将这些功能特异的新材料涂加到产品中，从而使产品表现出意想不到的新性能。

纳米技术能够广泛应用于材料、机械、计算机、半导体、光学、医学和化工等众多领域。纳米技术一方面可以使大型机器设备微型化，如在计算机硬件方面，可使量子器件代替微电子器件，从而使巨型计算机成为“掌中宝”；在计算机软件方面，正如 2000 年初克林顿宣布为美国的纳米技术研究拨款 50 亿美元的讲话中所说：“请大家想象，整个国会图书馆的图书都能储存到一块方糖大小的芯片中。”这多么令人惊奇。人们还可以利用纳米技术制造出蜜蜂大小的可控飞机，像米粒大小的汽车，比头发丝还要细的马达，世界上还将出现 1 微米以下的机器甚至机器人等。

另一方面，可以利用纳米技术将特殊性能的材料添加在产品中或敷于产品表面，从而使产品表现出新的性能。如可以使易碎的陶瓷变得具有韧性，达到类似于铁的耐弯曲性；或具有特殊的钢性，从而制成防弹装甲车，产生将导弹弹回去的奇迹。在纺织品中添加具有灭菌和自动消毒的纳米材料便可以制成具有保健功能的布料；在护肤化妆品中添加具有美容保健功能的新材料，就可满足人们的爱美之心，将使用纳米技术制造出来的硬度极高的涂料涂在刀具上，机械工人就不会因刀具不锋利而苦恼了；将抗磨的涂料镀在玻璃和眼镜片上，玻璃和镜片再不会有划痕；将抗热又抗压的涂料涂在建筑物的玻璃墙上，不仅抗压，而且可以防火。将纳米技术制成的特

殊材料添加到电缆中, 电缆就可以自动报警。纳米技术还能给药物的传输提供新的方式和途径, 可以使药物进入人体后主动搜索病灶或修补损伤组织; 使用纳米技术的新型诊断材料只需少量血液, 就能通过其中的蛋白质和 DNA 诊断出各种疾病。1999 年全球纳米技术的年产值已达 500 亿美元, 预计到 2010 年将达到 14 400 亿美元。

鉴于纳米技术的无限潜力, 为争夺在纳米技术领域的领先地位, 美国、日本、德国等发达国家纷纷实施纳米技术开发计划。美国是纳米技术革命的起源地, 自 1991 年开始, 正式把纳米技术列入了“政府关键技术”, 每年为此拨款 3 500 万美元作为重大研究经费开支。日本 1991 年开始实施为期 10 年, 耗资 2.25 亿美元的纳米技术研究开发计划, 1995 年又将其列为今后 10 年开发的四大基础科技项目之一。德国在 1993 年提出了今后 10 年重点发展的 9 个领域关键技术, 其中 4 个领域涉及纳米技术。欧盟在 1995 年发表的一份研究报告预测, 今后 10 年内, 纳米技术的开发将成为仅次于芯片制造的第二大制造业。

中国在纳米技术的研究领域几乎与国际上最先进水平同步。20 世纪 90 年代初, 科学技术部、国家自然科学基金委员会、中国科学院就将纳米技术研究列入了攀登计划项目和相关的重大、重点项目, 2000 年科技部又启动了有关纳米材料的国家重点基础研究项目, 投入的基础研究与支持资金已达数千万元。目前, 中国已经建立了几个纳米技术研究基地。中科院、北京大学、清华大学等单位已形成了一支从事纳米技术研究的队伍, 并在国际上取得了一系列令人瞩目的成果, 个别方面甚至走在了世界最前沿。据统计, 在我国以纳米技术为基础的企业已有 100 家左右, 10 多条纳米生产线已投入生产或正在开发之中。纳米科技的产业化在我国形成了初步规模。

总之, 纳米科技将在 21 世纪有更大的发展, 并将引起人类社会各个领域一场深刻而伟大的变革。归纳起来, 具体表现在几方面:

(1) 纳米科技的科学意义体现在, 纳米尺度下的物质世界及其特性, 是人类较为陌生的领域, 也是一片新的研究疆土。在宏观和微观的理论充分完善之后, 在介观尺度上有许多新现象、新规律有

待发现，这也是新技术发展的源头；纳米科技是多学科交叉融合性质的集中体现，我们已不能将纳米科技归为任何一门传统的学科领域。而现代科技的发展几乎都是在交叉和边缘领域取得创新性突破的，在这一尺度下，充满了原始创新的机会。因此，对于还比较陌生的纳米世界中的尚待揭示的科学问题，科学家有着极大的好奇心和探索欲望。

(2) 由于纳米科技是人类认知领域新疆域的开拓，人类将面临对新理论和新发现重新学习和理解的任务。而一旦对这一领域探索过程中形成的理论和概念，在我们的生产生活中得以广泛的应用，那么，人类将建立迥异于我们肉眼所能观察到的物质世界的新观念，它将极大地丰富我们的认知世界并给人类社会带来观念上的变革。

(3) 从人类未来发展的角度来看，可持续发展将是人类社会进步的惟一选择。纳米科技推动产品的微型化、高性能化和环境友好化，这将极大地节约资源和能源，减少人类对其的过分依赖，并促进生态环境的改善。这将在新的层次上为可持续发展的理论变为现实提供物质和技术保证。

(4) 纳米科技将引发一场新的工业革命。由于量子效应，微电子器件的极限线宽一般认为是 0.007 微米 (7 纳米)。根据美国半导体工业协会预计，到 2010 年半导体器件的尺寸将达到 0.1 微米 (100 纳米)，这正好是纳米结构器件的最大长度，小于这一尺寸的所有的芯片需要按新的原理来设计。为了突破信息社会发展的瓶颈，我们必须研究纳米尺度中的理论问题和技术问题，建立适应纳米尺度的新的集成方法和新的技术标准。而在这一尺度上制造出的计算机将比目前微米技术下的计算机性能呈指数倍的提高，这将对信息产业和其他相关产业的一场深刻的革命。同样，生命科技也面临着在纳米科技影响下的变革。所以，人们认为纳米科技是未来信息科技与生命科技进一步发展的共同基础。正如美国《新技术周刊》指出：纳米技术是 21 世纪经济增长的一个主要的发动机，其作用可使微电子学在 20 世纪后半叶对世界的影响相形见绌。纳米科技不仅对信息和生物技术产生革命性的影响，而且也促使传统产业“旧貌换新

颜”。这是纳米概念在国内炒得沸沸扬扬的重要原因之一。目前纳米技术已经渗透到某些传统产业中，企业应用的投入不大，市场前景广阔。

科学技术从来就是一柄双刃剑，纳米科学技术也不例外。对纳米科技的不加限制地滥用，也必将最终伤害到人类自身，甚至毁灭人类自己。但是，据此而忽视纳米科技给人类带来的巨大福利，并采取排斥的态度，则走向了另一个极端，甚至短暂的犹豫都会坐失良机。

无论如何，纳米科技的浪潮必将汹涌而来，身处巨大变革的前夜，我们将何去何从？我们已经错过了蒸汽动力革命、电力技术革命和微电子技术革命，我们再也不能错过纳米科技革命。

三、纳米技术正在改变着哲学上的观念和界限

值得指出的是，IBM 从其涉足纳米技术的动机来看，并不应该算是纳米技术的正统执行者。因为它尚没有摆脱人类从旧石器时代就养成的一种想当然的思维模式，即：“制造总是‘自上而下’的”——我们从磨尖箭头到刻录光盘的所有技术，都是以切削、分割、组装的方式来构建人造物。这并不是自然创造万物的方式。

“纳米技术不是小尺寸技术的延伸”，它并非如一些人想的那样，只是以制造出纳米尺度的人造机械为目的（尽管我们现在连这一步都做不到），甚至不是制造出那些令人神往的纳米机器人。如同德雷克斯勒指出的“它根本不该被看做是技术，而是一场认知的革命”，而这场认知革命中的精髓就是打破人类自有文明以来便遵循的“自上而下”的制造方式，反其道而行之。不经意间，纳米技术打通了一些看似互斥的哲学概念。

(1) 物质和信息的界限。从纳米技术的尺度上来看，“只见原子不见物质”，之所以有物质形态的差异，本质上是物质信息的差异，这就像在建筑工人的眼中形状各异的楼房都不过是“图纸 + 砖头”一样，楼的互异性只在图纸上，它们之间只是一个过程的起点和终点的关系，没有什么本质的区别。

(2) 生物和非生物的界限。两者之间的差别在于，是否具有新陈

代谢和繁殖能力，而纳米技术的出现则填平了它们之间的鸿沟——如果你认为一块石头没有“生命”的话，给它几个纳米机器人好了——当它们将石头中的所有原子都组装成纳米机器人后，这块石头便也具有了生命迹象，在显微镜下，其表现大概如同闹哄哄的蚁窝和蜂房。

(3) 意识和物质的界限。既然纳米技术能够复制一切，那么从理论上它也可以复制人类自身。这同克隆技术不同，克隆只是复制了基因，而纳米技术则能够将原体身上的每个细胞都重现一遍。如是便产生了一个问题，“复制人”是否具有同“原型人”一样的思想和意识？如果答案是肯定的，事情突然间就会变得更为有趣：我们只是在复制物质，却连带得到了意识，那么这两者之间会不会是一回事？

实际上，纳米技术带给人类文明的冲击远不止这些。想探寻更多领域的最好办法，就是将自己像童话中的爱丽丝一样缩小——直到纳米尺度，于是以纳米的坐标看去，世界的本性便不再是物质的，而是一个纯粹“由原子构造的信息库”。从这个基础出发，一些不可想象的命题就会呈现出新的角度，比如：如果我们将物质看做是信息，也许就可以实现光速超越和黑洞穿越，星际旅行也将变得异常简单——只要将你的信息通过无线电波传送给火星上的纳米盒子，将你“复制”过去。不仅如此，如果有朝一日我们揭示了生命形成的“第一推动力”的秘密后，甚至连纳米机器人都不需要，便可以通过传送信息给遥远的星球而开始“人造自然”的进程。

当然，同其他科学进步一样，纳米技术也是一把双刃剑，而且似乎更为锋利。美国著名的计算机科学家比尔·乔伊曾经发表讲话指出：纳米技术极可能成为吞噬整个宇宙的癌症，因为我们难以保证说不定哪一天，神奇的纳米盒子就会变成潘多拉的盒子，成千上亿的纳米机器人就会将人类和这个世界作为它们制造“产品”的原料。更为现实的是，复制人和永生的设想将无法回避伦理学上的恐慌，如果真正实现的那一日，我们将如何看待“复制人”，如何定位他们同“原体”的关系，甚至如何定义“活着”的含义？