

彩图版

图|说|科|普|百|科
TU SHUO KE PU BAI KE

走进生活的 纳米技术

林新杰 © 主编



揭开纳米的面纱
纳米材料
纳米的广泛应用……



 测绘出版社

图说科普百科

走进生活的纳米技术

林新杰 主编



测绘出版社

·北京·

© 林新杰 2013

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

图书在版编目(CIP)数据

走进生活的纳米技术/林新杰主编. —北京:
测绘出版社, 2013. 6

(图说科普百科)

ISBN 978-7-5030-3020-8

I. ①走… II. ①林… III. ①纳米技术—青年读物
②纳米技术—少年读物 IV. ①TB303-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第115041号

责任编辑	黄忠民	封面设计	高 寒
出版发行	测绘出版社		
地 址	北京市西城区三里河路50号	电 话	010-68531160 (营销)
邮政编码	100045		010-68531609 (门市)
电子邮箱	smp@sinomaps.com	网 址	www.sinomaps.com
印 刷	天津市蓟县宏图印务有限公司	经 销	新华书店
成品规格	165mm×230mm		
印 张	10.00	字 数	139千字
版 次	2013年7月第1版	印 次	2013年7月第1次印刷
印 数	00001—10000	定 价	29.80元
书 号	ISBN 978-7-5030-3020-8		

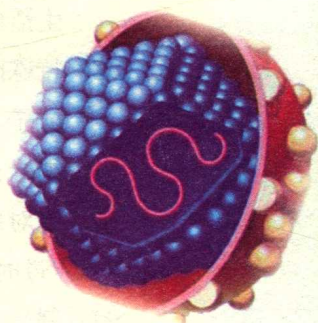
本书如有印装质量问题,请与我社联系调换。

部分图片由于无法与原作者联系,稿酬未能寄达,敬请谅解!如有发现,请及时与我们联系,以赠样书。



第一章 揭开纳米的面纱

- 什么是纳米 /2
- 纳米的特性 /3
- 纳米的另一种属性 /6
- 量子力学与纳米 /8
- 微小的纳米世界 /10
- 纳米微粒 /13
- “神奇小子” /14
- 显微镜与纳米 /16
- 人类科技领域的革命 /22
- 新的材料战争 /29



第二章 纳米材料

- 纳米碳管 /37
- 纳米粉末的作用 /39
- 纳米材料的应用 /45
- 高分子纳米生物材料 /60
- 纳米生物陶瓷材料 /66
- 纳米生物复合材料 /70





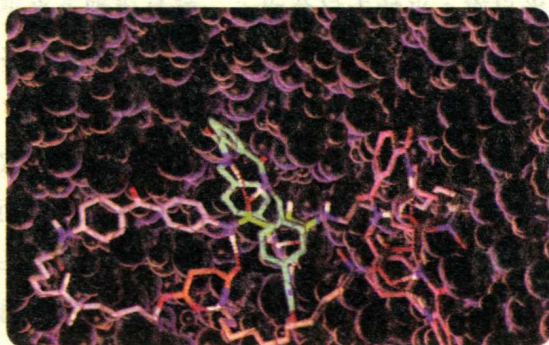
第三章 纳米的广泛应用

- 先进的纳米奇观 /73
- 生活中的纳米应用 /76
- 特殊防身服 /80
- 分子马达 /82
- 纳米火车 /86
- 绝对虚拟现实 /89
- “过时”的摩尔定律 /91
- 制造纳米芯片 /93
- 纳米超级计算机 /99
- 纳米与人机连接 /108
- 能够“思维”的计算机 /110
- 纳米机器和纳米机器人 /113
- 纳米机器人的自我复制 /121
- 隐身飞机与纳米 /123
- 机器小鸟和机器昆虫 /126
- 奇异的麻雀卫星 /131
- 完美 007——“机器蝇” /134
- 纳米生物导弹 /136
- 战场“小精灵” /138
- 纳米医学的奥秘 /145
- 纳米小神医 /151

第一章

揭开纳米的面纱

时至今日，“纳米”技术开始不断深入人们的生活，但许多人依然不明白纳米是什么，甚至闹出有农民要买纳米种子的笑话。本章通过介绍纳米的由来、内涵、特点、属性等，为我们详细阐释了什么是纳米，纳米有哪些特征，有哪些神奇之处，从而揭开纳米神秘的面纱。



►什么是纳米

SHENME SHI NAMI

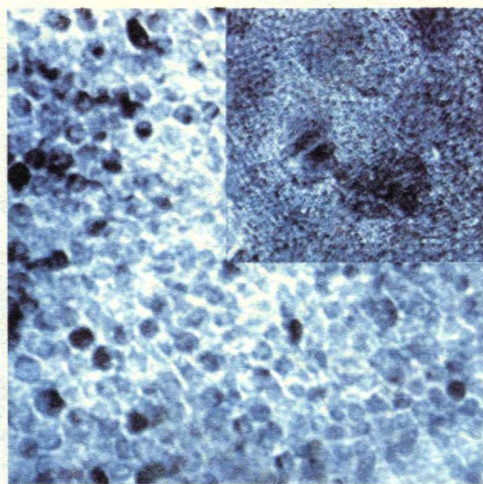
前些年，有一档电视节目叫《幸运 52》，在某一期中，活泼幽默、妙语连珠的主持人李咏硬是把“纳米”和“大米”连在了一起。从现场观众那前仰后合的大笑中，大家都明白了，最普通的、人人都需要的

“大米”和最先进的、科学家竞相研究的“纳米”有着本质的不同，把两者放在一起，使人们体会到什么是强烈对比。

据说还有种田的农民打听纳米的种子在哪里可以买到，他们准备种一种试试。

可是纳米究竟是个什么东西呢？其实“纳米”这个词是由英文 *nanometer* 翻译的。纳米和

我们日常生活中用的米、厘米一样都是长度单位，只不过这个长度单位要比米小得多，1 纳米只有 1 米的十亿分之一，就是说把 1 米平均分成十亿份，每份就是 1 纳米。我们经常用“细如发丝”来形容纤细的东西。其实人的头发的直径一般为 20 ~ 50 微米，而 1 纳米只有 1 微米的千分之一！如果我们做成一个只有 1 纳米的小球，把这个小球放在一个乒乓球上面的话，从比例上讲就好比把一个乒乓球放到地球上面去，你能想象出 1 纳米的长度吗？大家知道原子是非常小的，实际上一个纳米里面能排三五个原子。大家熟悉的血红蛋白分子有 67 纳米，而一些病毒的大小也只有几十纳米。研究纳米尺度的物质就要经常和一些肉眼看不到的微小物质打交道。



下面是长度的换算关系，从中我们可以更好地了解纳米有多大。

1 米 = 1 000 毫米；

1 毫米 = 1 000 微米；

1 微米 = 1 000 纳米。

通常我们把平常接触到的世界叫做宏观世界，而把肉眼看不见原子和分子等微小粒子组成的世界叫做微观世界。

1990 年，世界上写得最小的字母在实验室诞生了，这三个字母就是“IBM”，这三个英文字母总共用了 35 个原子。从事后拍摄的照片中，我们可以清楚地看到当时人类所创造的最“微乎其微”的伟大奇迹。“IBM”这个当时计算机行业的巨型企业的名字，被一丝不苟地刻画到不超过一个病毒的面积内。这在当时看来近乎游戏的领域，如今已经成为科学家们关注的热点。

看来纳米并不是什么“米”，而是一个度量微小世界的长度单位。但是否有一天，“纳米”会像大米一样普通、一样普及、一样必需呢？

► 纳米的特性

NAMI DE TEXING

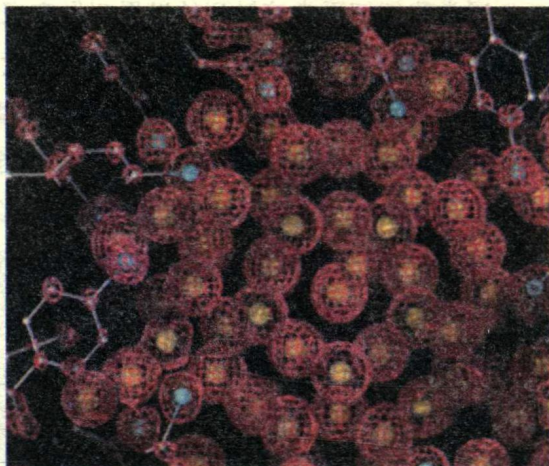
假如给你一块橡皮，你把它切成两半，那么它就会增加露在外面的表面，假如你不断地分割下去，那么这些小橡皮总的表面积就会不断增大，表面积增大，那么露在外面的原子也会增加。如果我们把一块物体切到只有几纳米的大小，那么一克这样的物质所拥有的表面积就有几百平方米，就像一个篮球场那么大。随着粒子的减小，有更多的原子分布到了表面，据估算，当粒子的直径为 10 纳米时，约有 20% 的原子裸露在表面。而平常我们接触到的物体表面，原子所占比例还不到万分之一。当粒子的直径继续减小时，表面原子所占的分数还会继续增大。如此看来，纳米粒子真是“敞开了胸怀”，不像我们所看到的宏观物体那



样，把大部分原子都包裹在内部。

正是由于纳米粒子“敞开了胸怀”，才使得它具有了各种各样的特殊性质。我们知道原子之间相互连接靠的是化学键，表面的原子由于没能和足够的原子连接，所以它们很不稳定，具有很高的活性。用高倍率

电子显微镜对金的纳米粒子进行电视摄像，观察发现这些颗粒没有固定的形态，随着时间的变化会自动形成各种形状，它既不同于一般固体，也不同于液体；在电子显微镜的电子束照射下，表面原子仿佛进入了“沸腾”状态，尺寸大于10纳米后才看

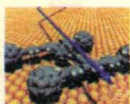


不到这种颗粒结构的不稳定性，这时微颗粒具有稳定的结构状态。超微颗粒的表面具有很高的活性，在空气中金属颗粒会迅速氧化和燃烧。如果要防止自燃，可采用表面包覆或者有意识地控制氧化速率，使其缓慢氧化生成一层极薄而致密的氧化层。

概括一下，纳米颗粒具有如下一些的特殊性质。

光学性质

纳米粒子的粒径（10～100纳米）小于光波的波长，因此，纳米粒子将与入射光产生复杂的交互作用。纳米材料因其光吸收率大的特点，可应用于红外线感测材料。当黄金被细分到小于光波波长的尺寸时，即失去了原有的富贵光泽而呈黑色。事实上，所有的金属在超微颗粒状态下都呈现为黑色。尺寸越小，颜色越黑，银白色的铂（白金）变成铂黑，金属铬变成铬黑。由此可见，金属超微颗粒对光的反射率很低，通常可低于1%，大约几微米的厚度就能完全消光。利用这个特性，



可以将纳米粒子制成光热、光电等转换材料，从而高效率地将太阳能转变为热能、电能。此外，还可以应用于红外敏感元件、红外隐身技术等。

热学性质

固态物质在其形态为大尺寸时，熔点往往是固定的，超细化后，却发现其熔点将显著降低，当颗粒小于 10 纳米量级时尤为显著。例如，金的常规熔点为 1 064 摄氏度，当颗粒尺寸减小到 10 纳米时，熔点则降低 27 摄氏度，2 纳米时的熔点仅为 327 摄氏度左右；银的常规熔点为 670 摄氏度，而超微银颗粒的熔点则可低于 100 摄氏度。因此，超细银粉制成的导电浆料可以进行低温烧结，此时元件的基片不必采用耐高温的陶瓷材料，甚至可用塑料。采用超细银粉浆料，可使膜厚均匀，覆盖面积大，既省料又具有高质量。日本川崎制铁公司采用 0.1 ~ 1 微米的铜、镍超微颗粒制成导电浆料可代替钯与银等贵金属。超微颗粒熔点下降的性质对粉末冶金工业具有一定的吸引力。例如，在钨颗粒中附加 0.1% ~ 0.5% 重量比的超微镍颗粒后，可使烧结温度从 3 000 摄氏度降低到 1 200 ~ 1 300 摄氏度，以致可在较低的温度下烧制成大功率半导体管的基片。

磁学性质

人们发现鸽子、海豚、蝴蝶、蜜蜂以及生活在水中的趋磁细菌等生物体中存在超微的磁性颗粒，使这类生物在地磁场导航下能辨别方向，具有回归的本领。磁性超微颗粒实质上是一个生物磁罗盘，生活在水中的趋磁细菌依靠它游向营养丰富的水底。通过电子显微镜的研究表明，在趋磁细菌体内通常含有直径约为 2 纳米的磁性氧化物颗粒。这些纳米磁性颗粒的磁性要比普通的磁铁强很多。生物学家研究指出，现在只能“横行”的螃蟹，在很多年前也是可以前后运动的。亿万年前螃蟹的祖

先就是靠着体内的几颗磁性纳米微粒走南闯北、前进后退、行走自如，后来地球的磁极发生了多次倒转，使螃蟹体内的小磁粒失去了正常的定向作用，使它失去了前后进退的功能，螃蟹就只能横行了。

力学性质

陶瓷材料在通常情况下呈脆性，然而由纳米超微颗粒压制成的纳米陶瓷材料却具有良好的韧性。因为纳米材料具有大的界面，界面的原子排列是相当混乱的，原子在外力变形的条件下很容易迁移，因此，纳米陶瓷材料能表现出甚佳的韧性与一定的延展性，使陶瓷材料具有新奇的力学性质。美国学者报道氟化钙纳米材料在室温下可以大幅度弯曲而不断裂。研究表明，人的牙齿之所以具有很高的强度，是因为它是由磷酸钙等纳米材料构成的。至于金属—陶瓷等复合纳米材料，则可在更大的范围内改变材料的力学性质，其应用前景十分宽广。

► 纳米的另一种属性

NAMI DE LINGYIZHONG SHUXING

平常我们接触到的是宏观世界，在宏观世界里，一些量子力学的现象是表现不出来的，或者我们根本察觉不到。然而，进入纳米尺度情况可就不一样了，一系列量子力学的古怪现象纷纷跑出来展示自己。

在现实生活中，我们知道金属能够导电，是导体，可是到了纳米世界，它们却可能变成非导体。而原来的一些绝缘体却变成了导体。宏观世界里的金属绝大多数都有金属光泽，可是变成纳米颗粒后，它们就都成了黑色。看来世界真是很奇妙。

我们知道金属能够导电，靠的是物质内部电子的运动，大量电子的定向运动就产生了电流。如果把自由运动的电子囚禁在一个小的纳米颗

粒内，或者在一根非常细的短金属线内，线的宽度只有几个纳米，会发生十分奇妙的东西。由于颗粒内的电子运动受到限制，电子运动的能量被量子化了，结果在金属颗粒的两端加上电压后，电压合适时，金属颗粒导电；而电压不合适时，金属颗粒不导电。这样一来，原本在宏观世界内奉为经典的计算电阻的欧姆定律在纳米世界内不再成立了。还有一种奇怪的现象，当金属纳米颗粒从外电路得到一个额外的电子时，金属颗粒具有了负电性，它的库仑力足以排斥下一个电子从外电路进入金属颗粒内，切断了电流的连续性。这也使得人们想到是否可以发展出用一个电子来控制电子器件，即所谓单电子器件。单电子器件的尺寸很小，一旦实现，并把它们集成起来做成计算机芯片，计算机的容量和计算速度不知要提高多少倍。然而，事情可不是像人们所设想的那么简单，起码有两个方面的问题向当前的科学技术提出了挑战。实际上，被囚禁的电子可不那么“老实”，按照量子力学的规律，有时它可以穿过“监狱”的墙壁逃逸出来。一方面，新一代单电子器件芯片中似乎不用连线就可以相互关联在一起；另一方面，芯片的动作却会不可控制。所以，尽管单电子器件已经在实验室里得以实现，但是真的要用在工业上，还需要一段时间。

被囚禁在小尺寸内的电子的另一种贡献，是会使材料发出强光。利用纳米技术制造的新激光器，发光的强度高，驱动它们发光的电压低，



可发生蓝光和绿光，用于读写光盘可使光盘的存储密度提高几倍。更有甚者，如果用“囚禁”原子的小颗粒量子点来存储数据，制成量子磁盘，存储量可提高成千上万倍，会给信息存储的技术带来一场革命。

▶ 量子力学与纳米

LIANGZILIXUE YU NAMI

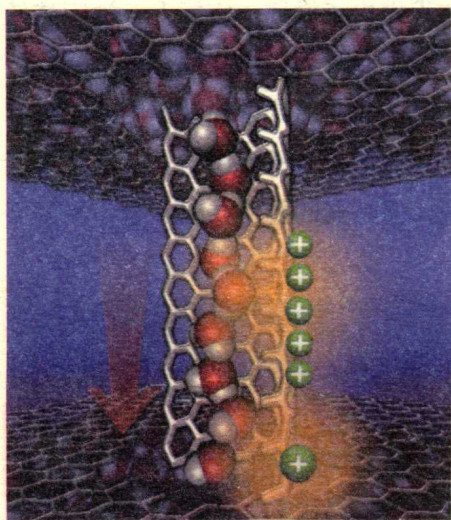
曾经有一位一流的科学家在 1893 年宣告，他相信做出伟大发现的时代已经过去，因为几乎一切都被发现了，将来的科学家除了更加精

确地重复 19 世纪做过的实验，使原子量在小数位上有所添加以外，不可能有更多的作为。

事实证明这位科学家错了。因为，即使拥有 19 世纪所取得的全部知识，也无法说明 X 射线和铀的放射性这两种现象。这是新生事物，好像完全不合乎自然规律，背离了人类关于原子的认识。X 射线和放射性像两个雪球，一旦滚动起来，必将如同雪崩一样引

出一系列科学发现。

古人对物质元素的认识，是人类探究微观世界的开始。远古时代的人类在长期的生活实践中，发明了制陶，掌握了炼铜、炼铁等技艺，他们看到了物质可以重新组合并发生质的变化，于是就开始思考有关物质的构成与变化的原因。人们看见，冬天水结成冰，夏天冰又化成水，而且在地热泉中，水又蒸发为气体。人们还看见万物在大地上生长，又消失在大地之中，对于天地万物和人类的本源，人们一直怀有强烈的好奇



走进生活的

纳米技术



心，试图从本质上理解和认识事物本身。最原始的元素学说就这样萌生了，开始了人类最初的对微观世界的认识。

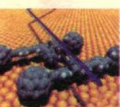
经过人类不断地探索，今天我们知道物质世界是由一些很小的粒子——原子组成的，各种原子按照本身的规律相互连接，形成了分子，各种各样的分子聚集在一起就是我们丰富多彩的世界。可是，原子是怎样相互连接的呢？这就不能不说到原子内部的结构。原子是由一个位于中心的原子核和核外的电子组成的，原子核带正电，而电子带的是负电，这样整个原子对外就不显电性。电子在原子中并不是静止的，而是绕着原子核做高速的运动，电子的高速运动在原子的周围形成像云一样的外衣，也叫电子云。不同的原子内电子的数目不同，电子运动的模式也不同。我们要是真想理解原子等一些基本粒子的行为，就必须引入量子力学。

1900年，德国物理学家普朗克发表了一篇论文，导致了量子理论的出现。普朗克提出“量子论”，吹响了20世纪物理学革命的进军号。在同一年，孟德尔遗传学说被确认，成为生物科学上划时代的一年。也是在这一年，德兰斯特纳发现了血型，拯救了许许多多人的生命。到2000年，人类在量子论、相对论、基因论、信息论等方面都取得了以前难以想象的飞跃发展。人类一直在研究我们生活的地球和宇宙。现在，人类的观察范围不仅已达150多亿光年之遥，而且可以深入到原子核中去观察“夸克”等基本粒子的特征。

量子力学是20世纪人类在物理学领域的最重要的发现之一。量子力学和狭义相对论被认为是近代物理学的两大基础理论。量子力学主要研究微观粒子运动规律。20世纪初大量实验事实和量子论的发展，表明微观粒子不仅具有粒子性，同时还具有波动性，它们的运动不能用通常的宏观物体运动规律来描述。量子力学的建立大大促进了原子物理学、固体物理学和原子核物理学等学科的发展，标志着人们对客观规律的认识从宏观世界深入到了微观世界。

量子力学的奠基人玻尔曾经说过：“谁如果在量子面前不感到震惊，他就不懂得现代物理学；同样，如果谁不为此理论感到困惑，他也不是

一个好的物理学家。”的确，量子力学确实很难理解，原因之一就是微观世界里的很多事情，同我们所能看到的宏观世界存在很大的差别，有些可能是我们难以想象的。一个很典型的例子就是隧道效应。在经典力学控制下，狮子不可能越过障碍吃到你，可是在量子力学控制下，狮子却可以直接穿过那个堡垒，好像挖了一个隧道跑出来一样，看起来有些像“崂山道士”的穿墙术吧！其实，这里只是个比方，现实生活中你无需担心狮子会从笼子里直接钻出来，因为我们的宏观世界是不会发生这样的事物的。可是在微观世界里，电子等微观粒子却经常能够“穿墙而过”。



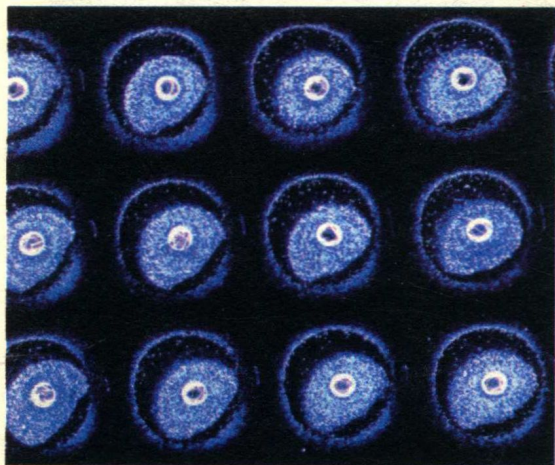
► 微小的纳米世界

WEIXIAO DE NAMI SHIJIE

20 世纪人类的科学技术发生了翻天覆地的变化，人类对微观世界有了更深的认识，随着对微观世界了解的增多，人们认识到实际上微观世界里同样奥妙无穷，别有洞天。

早在 20 世纪 50 年代，美国著名物理学家费曼就提出了要在小处做

文章的想法。他说以前人类都是把能够看得见的东西做成各种形状，得到各种工具，为什么不能从单个分子甚至原子出发而组装制造物品呢。费曼憧憬说：“如果有一天可以按人的意志安排一个个原子，将会产生怎样的奇迹？”今天随着纳米科技



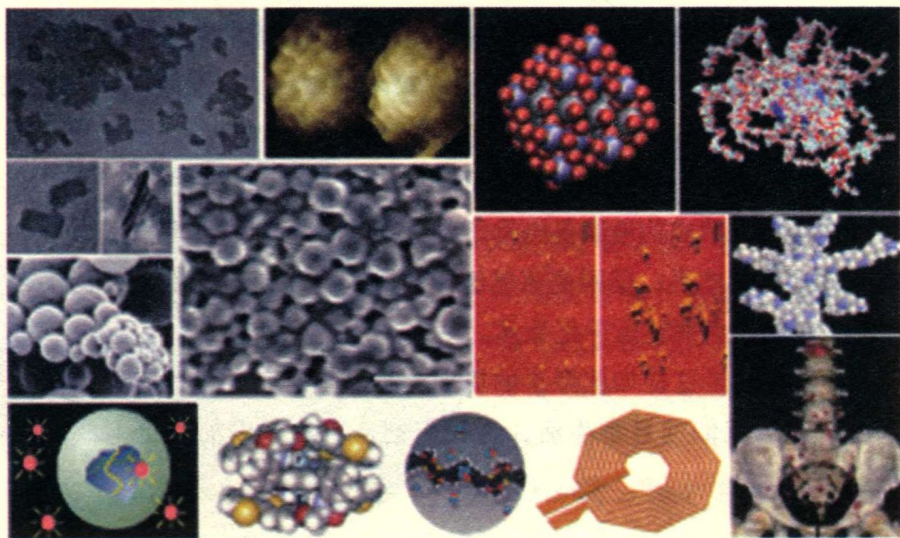
的一步发展，费曼提出的设想正在逐渐变成现实。

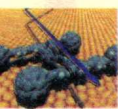
1990年，美国贝尔实验室推出惊世之作——一个跳蚤般大小，但“五脏俱全”的纳米机器人诞生了。

1990年7月，在美国巴尔的摩同时举办了第一届国际纳米科学技术会议和第五届国际扫描隧道显微学术会议，标志着纳米科技的正式诞生，科学家们正式提出了纳米材料学、纳米生物学、纳米电子学和纳米机械学的概念，并决定出版《纳米技术》《纳米结构材料》和《纳米生物学》三种国际性专业期刊。从此，一门崭新的、具有潜在应用前景的科学技术——纳米科技，得到了全世界科技界的密切关注。

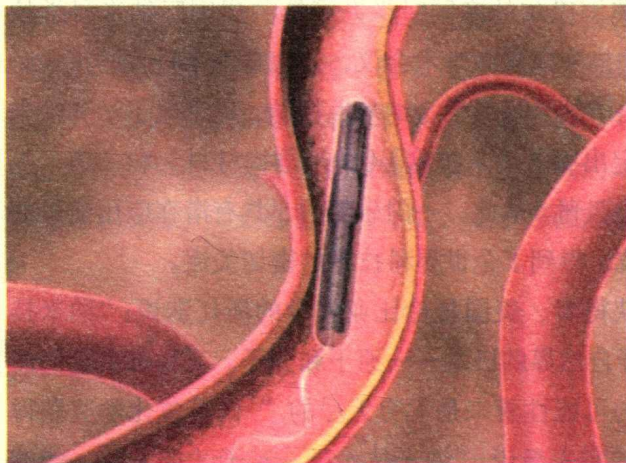
诺贝尔物理学奖获得者、美国哥伦比亚大学的斯托默说：“纳米技术给了我们工具来摆弄自然界的极端——原子和分子。万物都由它们而构成……创造新事物的可能性看来是无穷无尽的。”诺贝尔化学奖获得者、美国康奈尔大学的霍夫曼说：“纳米技术是一种天才的方法，能够对各种大小、性质错综复杂的结构进行控制。这是未来的方法，精确而且对环境保护十分有利。”一时间，“纳米热”遍及全球，纳米科技成为世界各国竞相投巨资、加紧攻关的一项热门技术。

从纳米科技诞生之日起，纳米科技就不断取得了各种新的研究成





果。其显著特点是，基础研究和应用研究的衔接十分紧密，实验室成果的转化速度之快出乎人们的预料。1989年，美国斯坦福大学搬动原子团写下了“斯坦福大学”的英文名字。1991年，在日本首次发明和制作



纳米碳管，它的质量是相同体积钢的1/6，而强度却是钢的10倍，于是，纳米碳管立刻成为纳米的技术热点。1992年，日本着手研制能进入人体血管进行手术的微型机器人，从而引发了一场

医学革命。1993年，中国科学院北京真空物理实验室自如地操纵原子写出“中国”二字，标志着我国开始在国际纳米科技领域占有一席之地。1994年，美国着手研制“麻雀”卫星、“蚊子”导弹、“苍蝇”飞机、“蚂蚁”士兵等。1995年，科学家研究并证实了纳米碳管可以用来制作壁挂电视。1996年，我国实现纳米碳管大面积定向生长。1997年，法国全国科学研究中心和美国IBM公司共同研制成功第一个分子级放大器，其活性部分是一个直径只有0.7纳米的碳分子，因而把电子元件缩小1万倍，标志着纳米技术开始进入实用阶段。1998年，被誉为“稻草变黄金”的纳米金刚石粉在我国研制成功。同年，美国明尼苏达大学和普林斯顿大学成功地制备出量子磁盘。这种磁盘是由磁性纳米棒组成的纳米阵列体系，美国商家已组织有关人员将这项技术迅速转化为产品，市场销售额达近千亿美元。

看来在纳米这样如此微小的境地还真是别有洞天，大有可为。纳米已经走入我们的日常生活，为我们创造出各种以前想也不敢想的奇迹。