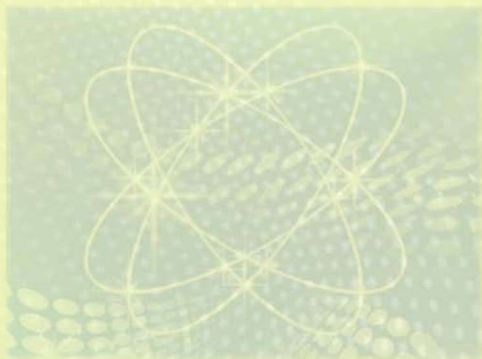


世界科技百科

纳 米 研 究

宋 涛 主 编



辽 海 出 版 社

世界科技百科

纳米研究

宋涛 主编

辽海出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

世界科技百科——纳米研究/宋涛主编. —沈阳:
辽海出版社, 2009. 12
(世界科技百科: 17)
ISBN 978—7—5451—0386—1

I. 青… II. 冯… III. 故事—作品集—世界
IV. I14

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 016258 号

出 版: 辽海出版社	地 址: 沈阳市和平区十一纬路 25 号
印 刷: 河北省三河市延风印装厂	装 帧: 翟俊峰
开 本: 850×1168mm 1/32	经 销: 全国各地新华书店
版 次: 2010 年 1 月第 1 版	印 张: 160 字数: 4800 千字
书 号: ISBN 978-7-5451-0386-1	印 次: 2010 年 1 月第 1 次印刷
	定 价: 953.60 元 (全 32 册)

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂联系调换。



前言

科学是人类进步的第一推动力，而科学知识的普及则是实现这一推动的必由之路。在新的时代，社会的进步、科技的发展、人们生活水平的不断提高，为我们青少年的科普教育提供了新的契机。抓住这个契机，大力普及科学知识，传播科学精神，提高青少年的科学素质，是我们全社会的重要课题。

科学教育，是提高青少年素质的重要因素，是现代教育的核心，这不仅能使青少年获得生活和未来所需的知识与技能，更重要的是能使青少年获得科学思想、科学精神、科学态度及科学方法的熏陶和培养。

科学教育，让广大青少年树立这样一个牢固的信念：科学总是在寻求、发现和了解世界的新现象，研究和掌握新规律，它是创造性的，它又是在不懈地追求真理，需要我們不断地努力奋斗。

在新的世纪，随着高科技领域新技术的不断发展，为我们的科普教育提供了一个广阔的天地。纵观人类文明史的发展，科学技术的每一次重大突破，都会引起生产力的深刻变革和人类社会的巨大进步。随着科学技术日益渗透于经济发展和社会生活的各个领域，成为推动现代社会发展的最活跃因素，并且是现代社会进步的决定性力量。发达国家经济的增长点、现代化的战争、通



讯传媒事业的日益发达，处处都体现出高科技的威力，同时也迅速地改变着人们的传统观念，使得人们对于科学知识充满了强烈渴求。

对迅猛发展的高新科学技术知识的普及，不仅可以使青少年了解当今科技发展的现状，而且可以使之从小树立崇高的理想：学好科学知识，长大为人类文明作出自己应有的贡献。

为此，我们特别编辑了这套“青少年科普知识丛书”，主要包括《战机大观》、《舰艇博览》、《导弹百科》、《火炮之库》、《战车王国》、《军事先锋》、《武器前沿》、《太空世纪》、《登月传真》、《空间站之窗》、《航空档案》、《宇航时代》、《时间奥秘》、《气象缩影》、《激光聚焦》、《通信展望》、《纳米研究》、《材料世家》、《核能前景》、《能源宝库》、《建筑奇观》、《仿生试验》、《农业新空》、《环保结锦》、《医疗革命》、《民航之窗》、《交通纵横》、《电脑新秀》、《网络世界》、《微生物迷码》、《生活新探》、《人类未来》。这些内容主要精选现代前沿科技的各个项目或领域，介绍其研究过程、科学原理、发展方向和应用前景等，使青少年站在当今科技的新起点寻找未来科学技术的契入点和突破口，不断追求新兴的未来科学技术。

本套青少年科普知识读物综合了中外最新科技的研究成果，具有很强的科学性、知识性、前沿性、可读性和系统性，是青少年了解科技、增长知识、开阔视野、提高素质、激发探索和启迪智慧的良好科普读物，也是各级图书馆珍藏的最佳版本。



目 录

人类科技领域的革命	(1)
什么是纳米	(9)
生活中的纳米应用	(11)
量子力学与纳米	(15)
微小的纳米世界	(18)
纳米的特性	(21)
纳米的另一种属性	(25)
新的材料战争	(27)
分子马达	(35)
能搬动原子的机器	(39)
纳米老鼠“提修斯”	(49)
纳米机器人的自我复制	(54)
纳米火车	(57)
绝对虚拟现实	(61)
纳米医学的奥秘	(64)
纳米生物导弹	(71)
“过时”了的摩尔定律	(74)
制造纳米芯片	(77)
纳米超级电脑	(84)
能够思维的“计算机”	(94)
隐身飞机与纳米	(97)



特殊防身服	(100)
奇异的麻雀卫星	(103)
机器小鸟和昆虫	(108)
完美“007”	(115)
高分子纳米生物材料	(118)
纳米生物陶瓷材料	(125)
纳米生物复合材料	(131)
“神奇小子”	(133)
纳米微粒	(136)
纳米碳管	(138)
革命性的技术	(140)
纳米造就新空间	(144)
纳米时代的新生活	(148)



人类科技领域的革命

纳米技术如今成了科学研究领域的热门，成为世界许多国家科学家竞相研究的领域。神奇的纳米技术真可以说是引发了人类科技领域的一场革命，那么是什么点燃了这场革命的导火索呢？这里还不得不提到明星分子——巴基球。

瑞典皇家科学院把 1996 年诺贝尔化学奖授予美国赖斯大学教授罗伯特·柯尔和理查德·斯莫利以及英国萨塞克斯大学教授哈罗德·克罗托，以表彰他们在 1985 年发现的碳的球状结构。皇家科学院的新闻公报说，三位学者在 1985 年一次太空碳分子实验中偶然发现了碳元素的新结构——富勒式结陶，由 60 个以上的碳原子组成空心笼状，其中由 60 个碳原子组成的分子，即碳 60，形状酷似足球，人们给它取了一个名字叫巴基球，用来表示。巴基球的直径只有 0.7 纳米，算得上是真正的纳米颗粒。

科学家们多年梦寐以求，希望制造一种有洞的分子来容纳或者传递不同的原子、离子，巴基球正好圆了这一梦想。目前，科学家们正尝试打开“球门”，把原子、离子掺杂其中，使之成为能制取若干新型物质的分子容器。三位诺贝尔奖获得者的这一发现开创了化学研究的新领域，对宇宙化学、超导材料、材料化学、材料物理，甚至医学的研究有重大意义。目前新发表的化学论



文中很大一部分都涉及这一课题。

但纳米技术的真正倡导者是一位并不很出名的工程师埃里克·德雷克斯勒。德雷克斯勒在 20 世纪 70 年代中期还是麻省理工学院的一名大学生，他在科技图书馆里读到遗传工程的内容时产生了灵感。那时的生物学家们还在研究如何控制构成 DNA 链的分子。德雷克斯勒想，为什么不能用原子建造无机机器呢？直到后来他才知道，费曼几乎在 20 年前就已经提出了类似的看法。这种想法让德雷克斯勒着迷，他想：为什么不建造有自行复制能力的机器呢？一台机器会变成两台，两台变成四台，然后再变成八台……这样无穷地变下去，给那些能把简单的原料加工成特定制品的机器加上这个功能，会给饥饿的人生产无穷数量的食物，或者为无家可归的人建造无数的房屋，它们还可以在人的血管里游弋并修复细胞，从而可以防止疾病和衰老。人类有朝一日可以消遣放松一下，而纳米机器人则可以像科幻小说作家描写的那样，承担世界上所有的工作。然而当时多数主流科学家对此的反应是：一派胡言！但巴基球的诞生使研究人员开始着手做这件事。

詹姆斯·金泽夫斯基是 IBM 公司设在瑞士的苏黎世研究实验室的物理学家。他和同事一起摆弄的一台隧道扫描显微镜有极其纤细的探头，能像盲人阅读盲文那样透过物质表面记录原子的存在。他们不但用 35 个氦原子拼出了 IBM 三个英文字母，而且他和他的几个同事还想用一台隧道扫描显微镜（STM）和一些巴基球制作一个能计算的机器。1996 年 11 月他们推出了世界上第一台分子算盘。该算盘很简单，只是 10 个巴基球



沿铜质表面上的一条细微的沟排成一行。为了计算，金泽夫斯基用隧道扫描显微镜的探头把巴基球拖来拖去，细沟实际上是铜表面偶然出现的微小台阶，它们使金泽夫斯基可在室温下演算。

理论上金泽夫斯基的算盘储存信息的容量是常规电子计算机存储器的 10 亿倍。尽管在应用上它还很烦琐，但它显示了科学家在处理十分微小的物体方面已经非常熟练。这个工作可能是迈向制造出分子般大小的机器的第一步，移动单个分子或原子的技术是开发下一代电子元件的关键。

说到巴基球，一定要谈到它的兄弟巴基管。巴基管是碳分子材料，与巴基球有着不同的形状、相似的性质，其大小处于纳米级水平上，所以又称为纳米管。它们的强度比钢高 100 倍，但重量只有钢的 $1/6$ 。它们非常微小，5 万个并排起来才有人的一根头发丝那么宽。巴基球和纳米管都是在碳气化成单个的原子后，在真空或惰性气体中凝聚而自然形成的，这些碳原子凝聚结合时会组合成各种几何图形。巴基球是五边形和六边形的混合组合，不同的混合产生不同的形状。然而，典型的纳米管完全是由六边形组成的，每一圈由十个六边形组成，当然也有其他的结构。巴基球和巴基管具有多种性质，科研人员一直在研究它们在激光、超导领域以及医药领域的应用前景，并取得了不少成果。

法国和美国科学家发现，利用单层碳片做成的单层纳米碳管具有规则的结构和可预见的活动规律，这种极其细微的管子可用于许多领域，包括从未来的电子装置到超强材料。



人类发现一种新物质，就要研究它的性质和功能，人们发现巴基球具有很多意想不到的神奇性质。

先是日本冈崎国立共同研究机构分子科学研究所于1993年合成了含有 C_{60} 分子的新超导体。这种新超导体由钠、氮的化合物和 C_{60} 组成。据合成这种新超导体的冈崎国立共同研究机构主任井口洋夫等人介绍，他们先将氯化钠和 C_{60} 粉末按一定比例混合，然后将其置于真空中，再在 370°C 的温度下烧结约 20 分钟，便合成了新的超导体。为防止这种混合物在大气中会与水蒸气发生反应，所以将其置于真空中。井口洋夫说，含 C_{60} 的新超导体在零下 258°C 表现出很好的超导性能。

美国纽约州立大学布法罗分校由华裔科学家组成的一个研究小组发现，巴基球在掺入氯化碘杂质后，可在绝对温度 60 度，即零下 213°C 时产生超导现象。在该校物理系教授高亦涵、博士后研究助理宋立维以及机械航空工程系教授钟端玲、研究生符立德的这一发现之前，超导巴基球的临界温度约为零下 243°C 。掺入氯化碘的巴基球还具有对于未来实际应用十分有利的空气稳定性。研究小组称，新发现的超导巴基球在置于空气中 40 天之后，依然可以探测到超导特性，而这是以前发现的超导巴基球并不具备的性质。

法国和俄罗斯科学家利用巴基球研制成一种新的材料，其硬度至少和金刚石相当，并能在金刚石表面刮擦起痕。据英国《新科学家》杂志报道，法国巴黎全国科学研究中心的物理化学家亨里·斯兹瓦赫同莫斯科高压物理学研究所的科学家，在高压条件下使由 60 个碳原子构成的碳球晶体化而制成了这种超强聚合物材料。斯



兹瓦赫说，他们原来是打算利用 CQ 制造金刚石，没想到结果获得的是另一种更坚硬的物质。他们利用的是俄方高压物理研究所的机器，机器的中心是两个锥形金刚石，他们把 C_{60} 材料置于其中一个金刚石的表面上，然后施以大约 20 个千兆帕斯卡的高压（大约相当于 20000 个大气压）。在这同时，旋转这两个锥形金刚石，以产生一种压力。法国科学家介绍说，当碳球材料在 12 个千兆帕斯卡压力作用下时就开始向新材料转变，但是施加更大的压力之后这个转变过程才全部完成。

人们还对巴基球在药物方面的应用作了研究。日本京都大学、东京大学等相继发现球形碳原子“ C_{60} ”能抑制癌细胞增殖、促进细胞分化，有望成为治疗癌症的新药。京都大学生物医疗工程研究中心发现，将球形碳原子注入白鼠的癌细胞后，在光的照射下就能产生破坏癌细胞的活性酶，可有效地抑制癌细胞的增殖。东京大学和日本厚生省国立卫生研究所也分别在试管实验中发现，球形碳原子的化合物同其他抗癌药物同时使用，能够提高医疗效果、促进细胞分化。

美国科学家则发现， C_{60} 具有保护脑细胞的作用，可望用它制造治疗中风等疾病的药物。美国华盛顿大学医学院的一个科研小组把它进行了改造，使其能溶于水，再将它的水溶液注入老鼠体内，结果发现该水溶液能吸收可引起机体功能退化的自由基，并能够防止脑细胞因缺少氧和葡萄糖而解体。研究人员解释说， C_{60} 是一种中空的大型无机分子，因而能吸引机体内的一些有害分子。

除了对巴基球本身进行研究之外，人们还对许多其



他类似巴基球的分子进行了研究。日本国立材料和化学研究所同日产公司合作，通过计算机模拟，得出了有可能用 60 个氮原子合成类似巴基球结构的 N_{60} 分子的结论。计算机模拟的结果显示， N_{60} 分子与 C_{60} 分子会有相似的结构，但稳定性较差。具体合成过程中，或许需要对氮气进行冷冻或加压，然后运用高强度激光照射，由此产生的分子团可能会具有强烈的挥发性，在受热情况下瞬间恢复气体状态，并释放出大量的能量。参与研究的科学家设想，利用这些性质， N_{60} 分子可能会成为具有商业化应用潜力的炸药或火箭燃料。计算机模拟也表明， N_{60} 分子如果用作火箭燃料，产生的动力会比目前火箭中使用的液态燃料高出 10%。

巴基球研究可能对解开宇宙形成之谜提供答案。美国科学家在陨石中发现了巴基球。这一成果证实了最早在实验室中发现并合成的球状结构碳分子在自然界中同样存在，它是继金刚石和石墨后人们发现的碳的第三种同素异形体。这块名为“阿连德”的陨石 1969 年落于墨西哥境内。美国夏威夷大学和美国宇航局的科学家在研究中首先用酸对陨石碎片样品进行了脱硫处理，然后将这些残渣放入有机溶剂，最终分离出球状碳元素，他们在英国《自然》杂志上详细介绍了有关的研究过程。科学家早先在陨石坑周围的沉积物中就曾发现过球状碳，但科学家们在“阿连德”陨石中发现的球状碳不仅包含大量 C_{60} 和 C_{70} ，而且还有从 C_{100} 到 C_{400} 等一系列原子数更高的碳分子结构，据悉，在自然界发现原子数如此之高的球状碳分子尚属首次。科学家们指出，“阿连德”陨石中存在球状碳，这对研究该陨石形成时期，太



阳系中原始星云和尘埃物质的状况将有所帮助；另外，新发现也意味着在研究地球早期形成历史时，可能应考虑该种特殊结构碳分子所起的作用。因为空心笼状的这些碳分子具有较强的吸附气体能力，携带球状碳的陨石落到地球后，不仅可为地球带来碳元素，而且也有可能对地球大气构成产生相当大的影响。

科学家还用巴基球搞起了艺术品。在 1998 年世界杯足球赛期间，德国化学家突发奇想，在分子水平上制造了一座“大力神”金杯复制品。这一微型金杯最终被慷慨地赠与冠军得主法国队。微型“大力神”杯由单分子制成，高仅为 3 纳米，还不到高 36 厘米的真正“大力神”杯的亿分之一。作为国际足球界最高荣誉的象征，“大力神”金杯图案由两个大力神背对背高举双臂，背托一个地球而构成的。德国埃朗根—纽伦堡大学化学家赫希及其学生在研究中发现，一些具有特殊形状的分子，可成为在微观尺度上制造“大力神”杯复制品的理想材料。赫希等利用被称为“巴基球”的 C_{60} 分子来模拟“大力神”杯中的地球图案，“巴基球”分子结构呈空心笼状，酷似微型足球。而微型“大力神”金杯底座则由一种杯状分子制成。赫希认为，这一特殊的结构很可能在科学上也能找到用途。他介绍说，光照射至“巴基球”分子后，会产生单电子而进入制造底座的杯状分子。如果能俘获这一单电子并将其引入电通路，那么分子“大力神”杯有可能用来制造新型太阳能电池。

巴基球如此神奇，可是要想制造它们就不那么容易了，迄今为止这种神奇的小球的价格还是远远超过了黄金。这就为科学家们提出了新的挑战，促使他们寻找新



的制造方法。尽管还不知道新方法将是一个什么样的过程，但是科学家们相信一定会找到这种新方法的。如果真能在工厂里大量生产，那也将是令人震惊的，如果你考虑到它的无数用途，其中包括用作其他分子之间的“分子导线”（用来制造新一代小型化学传感器）、用作能“感觉”物体表面单个原子结构的纳米探头的顶端（用来测试超纯硅芯片的质量）以及用作理想的结晶基。

在对巴基球热火朝天的研究中，中国科学家也不甘落后。他们采用计算的方法对巴基球的分子结构进行了精确的计算，得到的数据对实验非常有价值。

近年来，我国科学家在 C_{60} 的制备与分离技术方面也取得重大进展。中国科技大学设计建成的合肥国家同步辐射实验室的光谱实验站在 C_{60} 真空紫外吸收光谱的研究中取得令人鼓舞的成果。对 C_{60} 的研究是国际上继“超导热”之后的又一热门课题，这个实验站获得的阶段性成果在国内外均是首创性的。复旦大学、上海原子核研究所等单位组成的 C_{60} 课题攻关组，自行设计并建立的这套 C_{60} 制备装置，其含量稳定在 15% 左右，最高可达 18%，日生产能力为 30 至 35 克。他们对分离方法做了重大改进，用新工艺可分离得到纯度 99.5% 以上在的 C_{60} 。

巴基球奇妙的结构和神奇的性质激发了科学家们的灵感，使他们不断地感知到微观世界的奥妙，种种奇思妙想也同时应运而生，神奇的纳米世界的大门终究会被我们人类一点一点地打开。



什么是纳米

在某一期“幸运 52”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，我知道大家都明白了，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，使人体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 纳米只有一米的十亿分之一，就是说把一米平均分成十亿份，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 到 50 微米，而纳米只有 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二个乒乓球放到地球上，你能想像出 1 纳米的长度吗？大家知道原子是非常非常的小，实际上千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 = 1000 毫米

1 毫米 = 1000 微米

1 微米 = 1000 纳米

通常我们把平常接触到的世界叫做宏观世界，而把肉眼看不见的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。但是是否有一天“纳米”会像大米一样普通、大米一样普及、大米一样必需呢？