

北京科普创作出版专项资金资助

科学有温度

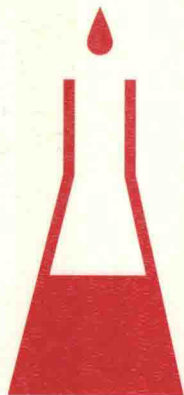
Science from Warm

首都科学讲堂报告集

科学大嘉讲

SCIENCE DATING MASTER

主 编 / 周立军 副主编 / 柴俪杰



清华大学出版社

北京科普创作出版专项资金资助

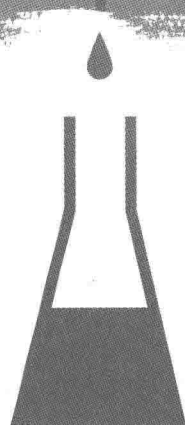
首都科学讲堂报告集

科学大嘉讲

SCIENCE DATING MASTER

主 编 / 周立军 副主编 / 柴俐杰

清华大学出版社
北京



版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

科学大嘉讲:首都科学讲堂报告集/周立军主编.--北京:清华大学出版社,2015
ISBN 978-7-302-41416-2

I. ①科… II. ①周… III. ①科学研究—研究报告—中国 IV. ①G322
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 209158 号

责任编辑:宋成斌 王 华
封面设计:于 芳
责任校对:赵丽敏
责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:三河市君旺印务有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:165mm×235mm 印 张:12.25 字 数:206 千字

版 次:2015 年 9 月第 1 版

印 次:2015 年 9 月第 1 次印刷

定 价:66.00 元

产品编号:061701-01

坚守中的感动

北京的楼台殿阁密集如林，文化古迹遍布全城，它包含着悠久的历史，也充满着现代的活力，在这数千万人集聚的超大城市里，一座闪耀着科学之光的殿堂——“首都科学讲堂”正悄然兴起，成为首都灿烂群星的一员，吸引着成千上万的民众，到那里去学习、去交流……领略科学家的风采，品尝科学知识的盛宴。

这座科学讲堂从2007年创立以来，以提高全民科学素质为宗旨，紧紧围绕当今科学热点问题，邀请相关领域的顶级专家，开展系列演讲活动，全方位地传播科学知识，生动有力地弘扬科学精神，方便自由地进行思想交流……讲座越办越好，人气越来越旺。8年来，已有300多名院士、教授莅临讲坛演讲，受众达5万余人。从年逾花甲的老人到天真活泼的孩子，许多人已成为“首都科学讲堂”的忠实粉丝；他们不仅积极参加讲堂的活动，还自觉自愿地为讲堂活动服务，甘当无私奉献的志愿者。我有幸应邀前去为听众讲述“地球的灵魂：火山”，带领大家探索“极地的神奇与奥秘”，深感组织者的尽心尽力和听众的热情高昂，他们对科学知识的渴求和对问题的探究，有时超出我的想象。社会企盼科学，科学也要拥抱民众，回馈社会。

在快餐文化、碎片知识时髦的今天，能从科学大家那里多接受一些系统的、准确的、深入浅出的科学熏陶，对每个人来说，都受益匪浅。如果有一天，人们周末去科学讲堂能像西方人虔诚地去教堂做礼拜一样，那将是多么令人欣慰和振奋啊！我祝愿“首都科学讲堂”越办越好，使它成为人们业余文化交流的场所、科学传播的殿堂。



2015年5月



目录

科学篇

追梦“微纳能源”的意外惊喜——王中林	3
制造月球到地球的天梯：世界上最长碳纳米管诞生记——蹇伟中	9
3D 可以打印未来吗？——林峰	19
纳米材料开启绿色印刷制造新时代——宋延林	28
激情与平衡、梦想与现实——乔红	38
重建 5500 万年前的类人猿——倪喜军	46
寻找宇宙大爆炸的声音——陈学雷	56
健康“吃货”必知的食物科学——籍保平	65

艺术篇

科技馆里的巨幕电影——爱德华·卡佩尔	79
未来的球幕电影制作——彼得·波普	91
电影科技变革与科技电影发展——朱梁	97
电影人的最高境界：让不可能成为可能——肖永亮	104
会意山水，逍遥人生——何加林	111
创意是水——贾伟	120
不见不散：照片的样子——蔡萌	132

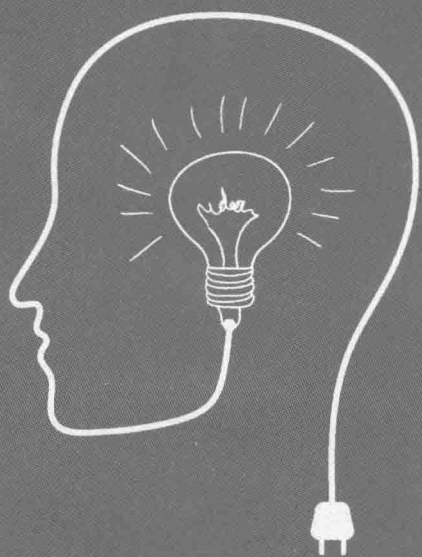
人文篇

玉华——玉成中华——王鲁湘	149
无边界的科幻，有局限的创作——凌晨	159
让你的故事俘虏观众的心——都晓	172
带你走出生命的束缚——李茗茜	179
后记 岁月如歌	188

科学篇

追梦“微纳能源” 的意外惊喜

王中林



导读：

一般所说的能源，都是大面积覆盖的能源。但随着个性化移动电子产品的出现，我们越来越关注微纳能源，即用来驱动微小传感装置的能源，它将是未来十几年内的重点发展对象之一。纳米发电机不仅可以转换能源，还可以用于医疗探测、基础设施监测。比如，我们将其放置在桥梁上，一旦有振动，它所产生的电信号就可以监测到桥梁共振的频率。桥梁监测的安全系数非常重要，不需要外来电源就可以自动监控，显得很有必要。此外，它还可以作为智能皮肤，用来监测睡眠质量。更重要的是，疲劳驾驶的提示也可以通过智能皮肤监测实现。交通监测是很好的技术，所以如果路面能够监控双管就能够起到一定的作用。

纳米科技的研究可分为五个阶段。第一个阶段，纳米材料；第二个阶段，纳米性能表征；第三个阶段，单个器件；第四个阶段，阵列器件；第五个阶段，系统集成。在很多情况下，国内的研究一般集中在前三个阶段，往后的研究则进行得非常困难。因此，纳米科技并不仅指纳米材料。纳米材料只是基础，必须开发出新的应用，才能造福人类。

那么，做纳米能源研究有何用处？

微纳能源成为未来重点发展对象之一

近十年来，对于纳米的研究和应用都发生了巨大的变化。特别是针对小型器件，人们常用的手机就是一个典型例子，其中采用了生物传感技术。此外用于病人监护、环境监护、物联网等的设备都涉及众多传感装置。这些传感装置如果无法实现自驱动，很多工作就无法实现，这是一个非常严峻的现实。这也使得纳米能源，尤其是微纳能源变得异常重要。

什么是微纳能源？一般所说的能源，都是大面积覆盖的能源。但随着个性化移动电子产品的出现，我们越来越关注微纳能源，它将是未来十几年内的重点发展对象之一。

如何实现改变世界的大想法？首先需要小型化，第二是移动化，第三是功能化。但我们往往实现了小型化、移动化，很多情况下却没有实现功能化。所谓“功



能化”，举例来说，就是手机可以做生物监测，可对环境中特别敏感东西进行探测，这样手机就可以变成一个多功能器件。这将是世界发展的趋势。

一种十分简单但又十分有用的技术是摩擦发电，即摩擦产生的电荷可以产生电场，电场又可以驱动电子流动从而发电。我们过去很少利用摩擦起电来发电，而总是把摩擦视为负效应。利用纳米结构，可以使它的性能变得更好，通过手动就可以发电。试想，我们在每天的生活中会进行多少动作，只要有人的地方、有生命的地方，就会有动作。一个用踏板踩的机器所发的电，可以使 600 个 LED（发光二极管，light emitting diode）灯瞬间点亮。未来，我们还可以让鞋子发电。因此，只要有动作的地方就可以发电，用这种方式获得能源，何乐而不为。

纳米发电机不仅可以转换能源，还可以用于医疗探测、基础设施监测。比如，我们将其放置在桥梁上，一旦有一振动，它所产生的电信号就可以监测到桥梁共振的频率。桥梁监测的安全系数非常重要，不需要外来电源就可以自动监控显得很有必要。此外，它还可以作为智能皮肤，用来监测睡眠质量。更重要的是，疲劳驾驶的提示也可以通过智能皮肤监测实现。交通监测是很好的一个技术，所以如果是路面能够监控双管就能够起到一定的作用。

没有梦，就没有未来

2007 年的时候，我有一个梦想，也许有一天纳米发电机可以驱动手机。时至今日，这个梦想几乎已经实现了。对于未来的梦想，我认为，它有可能对大范围的世界能源做出贡献。例如，北京地铁站里每天的人群进进出出，我们可以利用路面发电。海岸线上有巨大的海潮，我们也可以利用它发电。据计算，它可以产生两倍于目前全世界消耗的能源，这是不分季节、不分天气、不分昼夜的。因此，纳米发电是未来许多资源寻求的方向。

1894 年，当法拉第发现电磁感应定律时，曾有人问他“这有什么用”。他回应“新生的婴儿有什么用”，这个婴儿可能从事各种职业，甚至可能成为总统。后来，法拉第的这个发现促成了大型水轮机的发电机电磁感应，帮助我们实现了工业化。因此，对于一项技术发明，不能从一开始就断定它未来有什么用，因为当时我们看到的東西非常有局限性。



再比如，三极管被制造出来时，有人问巴丁它有什么用。巴丁回答，将来它也许可以用于助听器的制造。但是，巴丁自己也没有想到，它会带动当今 IT 产业的发展。当时看不到，不等于未来不可能发生。原创的都是十分粗浅的思想，但重要的正是这些思想。没有梦，就没有未来。

弗朗明在 1945 年说过一段十分富有哲理的话，“每一个科学真理要经过三个阶段，第一阶段人们说这个发明的概念是和圣经相抵触的；然后他们说该发明以前就被发现过了，没有什么新的，早就被发现过了；最后他们说他们一直坚信这个发明会成功的。”这三句话非常有哲理，但要真正渡过这三个阶段，需要很漫长的时间，靠的是坚持。很多情况下，你是千里走单骑，没有人相信你，唯有自己相信自己。因此，不要害怕别人对你没信心，自己对自己没信心才是最可怕的。

我们在寻找纳米发电机的过程中，也遇到了一些困难。半途摔倒在地后，结果却惊喜地发现，地上居然有些“金疙瘩”。如果没有那几次跌倒，就不可能有这样的收获。是梦想一直驱使着我们向前，取得更大的成绩。

赛博士开讲啦

纳米有多小？

纳米(nanometre, nm)是长度单位，国际单位制符号为 nm。1 纳米 = 10^{-9} 米（十亿分之一米），这相当于固体中原子大小的 5 倍，比单个细菌的长度还要小。其英文名称中的“nano”在希腊文中的原意是“侏儒”的意思。

1 纳米相当于人类头发直径的万分之一。若是做出一个直径为 1 纳米的小球，将其放在一个乒乓球表面的话，从比例上看，就像是把一个乒乓球放在地球表面。因此，纳米科技是在和微观世界“打交道”。

摩擦纳米发电机最大的优势是什么？

第一，它使用的是我们生活常见的材料，例如我们穿着的衣料、纸质或一次性材料，我们平时用的陶瓷片、PVC、尼龙也都可以。所以它的选材非常广，价格便宜，具有普适性。

第二,这项技术的推广瓶颈相对较小,因为它选材广,又价廉,适合大规模生产。

第三个优点,它可以把我们平时忽略的各种各样的行为转化成电能,比如走路、背书包、汽车从地面上开过去等。这些行为的利用,传统发电技术都做不到,但是纳米发电机却可以做到。

什么是纳米机器人?

纳米机器人是在纳米尺度上应用生物学原理,研制出的可编程的分子机器人。“纳米机器人”的研制属于分子仿生学的范畴,它以分子水平的生物学原理为设计原型,设计制造可对纳米空间进行操作的“功能分子器件”。第一代纳米机器人是生物系统和机械系统的有机结合体,这种纳米机器人可注入人体血管内,进行健康检查和疾病治疗。还可以用来进行人体器官的修复工作:做整容手术,也可以从基因中除去有害的 DNA,或把正常的 DNA 安装在基因中从而使机体正常运行。第二代纳米机器人是直接用原子或分子装配成具有特定功能的纳米尺度的分子装置。第三代纳米机器人将包含有纳米计算机,这是一种可以进行人机对话的装置。

人物介绍

王中林,中国科学院北京纳米能源与系统研究所首席科学家、首任所长。中国科学院外籍院士、欧洲科学院院士、美国佐治亚理工学院终身校董事讲席教授、Hightower 终身讲席教授、化学系兼职教授和电机系兼职教授。曾获 1999 年美国显微镜学会巴顿奖章、佐治亚理工学院 2000 年和 2005 年杰出研究奖、2005 年 Sigma Xi 学会持续研究奖、2001 年 S. T. Li 奖金(美国)、2009 年美国陶瓷学会 Purdy 奖、2011 年美国材料学会奖章(MRS Medal)、2012 年美国陶瓷学会 Edward Orton Memorial 奖、ACS Nano 讲座奖、2014 年美国物理学会 James C. McGroddy 新材料奖、2013 中华人民共和国国际科学技术合作奖、2014 年佐治亚理工学院杰出教授终



身成就奖、2014 年欧洲 NANOSMAT 奖、2014 年材料领域世界技术奖。

对话

纳米发电机是如何解决供电问题的？

王中林：有一种十分简单但又十分有用的技术叫做“摩擦发电”，摩擦以后产生的电荷可以产生电场，电场可以驱动电子流动，这叫做“发电”。我们过去很少利用摩擦起电来进行发电，而总是把摩擦认为是一个负效应。而利用纳米结构能够使它的性能变得更好，手动就可以发电。试想我们在每天的生活中会进行多少动作，有人的地方、有生命的地方就会有动作。一个用踏板踩的机器所发的电，可以使 600 个 LED 灯瞬间点亮。未来，我们还可以让鞋子也能够发电。因此，只要有动作的地方就可以发电，如果将其转变为能源，或是其他有用的东西，何乐而不为。

纳米发电机有多重要？

王中林：以前，不论多小、多灵敏的器件，都需要附加一个较大尺度的传统电源，好比“蚂蚁拉个大骆驼”。而纤巧的纳米发电机能够让纳米器件不再需要外在的电源，电池也不再被需要，无疑将会使电源领域向前迈进革命性的一步。纳米发电机所产生的电能可以做到足够供给纳米器件或系统所需，从而实现自供能，无线纳米器件也是如此。因此纳米尺度发电机的重要性怎么强调都不为过。

未来纳米发电机还会有哪些应用领域？

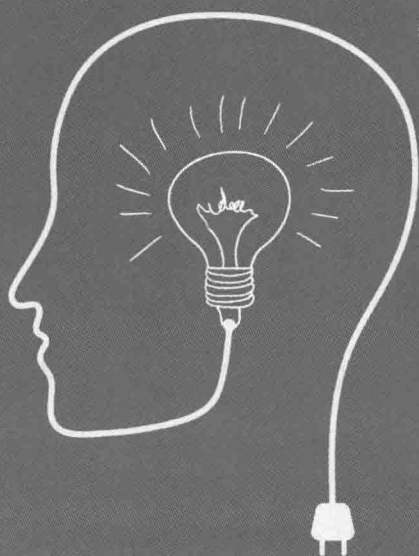
王中林：这些年，在世界范围内植入式电子医疗设备正变得越来越普及，其中应用最广泛的设备当属心脏起搏器，已经被植入大约 400 万名病人体内，利用电流刺激保证他们的心脏能够正常跳动。不过电池一直是心脏起搏器等植入式医疗设备的阻碍，每当电力耗尽，病人都需要再次躺到手术台上，开刀更换电池。

为了一劳永逸地解决电池问题，研究人员开始将视线转移到人体本身。纳米能源领域未来也许就会发挥重要作用。对每个人而言，人的心脏和肠胃总在不停运动，而运动便会产生能量，例如成年人心脏跳动所产生的机械能量输出可以高达 1.3 瓦，问题在于如何用一个轻巧而安全的设备有效获取这些能量。



制造月球到地球的 天梯：世界上最长 碳纳米管诞生记

蹇伟中



导读：

20 世纪末，一位科学家提出设想，在月球到地球之间建立一座天梯来减少航天飞机的发射风险。建造天梯的绝佳材料无疑就是碳纳米管，但从微观世界开始制造出在宏观世界中非常长的碳纳米管绝非易事。清华大学化工系团队将生长环境调整到极致，终于使碳纳米管达到了 55 厘米的长度，轰动了世界，为此他们付出了极其艰辛的努力。现在碳纳米管正在逐渐变成一些现实产品，服务于我们的生活，比如用于建造大型计算机、使纯电动汽车的能量分配更合理等，该团队希望未来能把纳米管做得更长、更好、更多、更便宜，更加有利于人们的生产生活应用。

碳纳米管的构成元素就是碳，它和金刚石、石墨是一样的元素，但由于它们的结构不同，体现的特性也完全不同。

金刚石是世界上最硬的材料，一般用来制作宝石，工业中是用作切割金属、陶瓷等的材料。石墨是十分柔软的天然矿物，如果家里的锁生锈了，可以将一些铅笔芯的粉末塞进锁眼润滑，这其实就是石墨在发挥作用。

碳纳米管：打造月球到地球天梯的绝佳材料

碳纳米管的直径是发丝直径的 $1/1000$ ，肉眼是看不见的，只有在几万倍至几十万倍的电子显微镜下才能看到它漂亮的结构。正是由于这种特殊的结构，它具备了一些人类无法想象的性能。首先它的硬度是钢的两百多倍。一般而言，强硬的物质容易变脆，但它却还可以打结绕弯，因此它是一种刚柔相济的材料。此外，它的导电性是铜的 5 倍，而铜是电力工业上用得最多的导线材料。如果将碳纳米管做成半导体，构成纳米逻辑电路，可以取代硅做计算机最基础的材料。如果将它用于平面显示，可以发展柔性导电屏，用于手机或电视。也可以用于高尔夫球杆、钓鱼线、橡胶轮胎、水泥建材中的增强材料或导热材料等。

20 世纪末，一位科学家提出设想，在月球到地球之间建立一座天梯。这不是单纯的科学梦想，而是因为航天飞机多次发射失事后出于一种现实的考虑。如果有了像电梯一样通过钢缆就能将物资送到太空的装置，就能大大降低运输风险。



但是,地球与遥远的月球之间有 38 万千米的运输距离,谈何容易。许多材料会由于自身重量大、强度差而被拉断。因此,只有比强度大(强度与密度的比值)的碳纳米管才可以作为拉不断的、用以制造天梯的材料。

举例说明,许多现代斜拉桥梁是用钢索作为支撑的,钢在人们的印象中强度非常大、非常坚硬,但密度也大,因此其强度还是比碳纳米管低许多,用多了重量过大,跨度一大,就会把自己拉断。再比如蜘蛛丝,虽然轻巧,可如果拉得太长,风一吹就会断,绝对强度不够。因此,我们需要这样一种材料,它既要够强硬,又要有韧性。

如何把碳纳米管“种”出来?

作为科学家,就是要挑战人类智力的一些极限,我们想把这种材料制造出来,但这绝不是一件易事。事实上,目前,它距离大众的生活还是十分遥远的。做一个形象的比喻,碳纳米管的制造过程有些类似庄稼生长的过程,所需要的要素全是一样的。这些要素包括种子、原料、能量与生长条件。种庄稼首先需要种子(或叶片),原料是水与二氧化碳,能量就是太阳光。种子吸收水分与二氧化碳,并接受太阳光的照射,通过光合作用,产生碳水化合物,然后就长成了植物。但在这个过程中,只有施以肥料它才能长得快,同时,需要保证一定的温度和湿度。肥料、温度与湿度就是生长条件。

碳纳米管的生长也是如此。首先要有一个种子,我们把它叫做“催化剂”。原料就是能够变成碳的东西,最起码是含碳的物质。比如做饭用的天然气就可以用作生长碳纳米管的原料,因为其分子是由 1 个碳原子与 4 个氢原子构成的。能量是温度,生长条件是温度、压力、水等。

那么两者的不同是什么呢?众所周知,植物一般长在常温常压下,生长条件相对温和。而碳纳米管一般生在 $600\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 的高温环境,在很宽的压力范围(如负压、常压或加压条件)内进行。同时,它们又是那么微小,生长的幅度是无法通过人类的肉眼识别的。

此外,种庄稼时,只要有种子、原料、太阳光、肥料与温度等生长条件,任何人都能够种出粮食来。不过,没有接受过专业训练的人是“种”不出碳纳米管的。原因是由于它太微小了,它是人类头发丝直径的 $1/1000$ 。如果许多碳纳米管一起生长,



这些又细又长的丝缠绕在一起,会逐渐形成小毛线团,最后变成大毛线团。想要解开这些纳米尺度的毛线团非常困难。

碳纳米管成长的烦恼

事实上,当科学家意识到这种弊端时,就设想应该将碳纳米管生长过程控制得像韭菜生长那样,齐刷刷地朝一个方向长,以至于一眼就能看到它有多高。的确,科学家将碳纳米管的种子(催化剂)洒在了一个硅片上,这样就能很好地控制碳纳米管只朝一个方向长。可是,由于碳纳米管太细、太多,生长时互相挤着,依然不能长得太长。目前也就在几十微米级(相当于头发丝的直径)到毫米级,使用时仍需把多根碳纳米管拼接起来,十分不便,并且增加连接处也会影响碳纳米管的强度。

于是,我们一直琢磨,什么样的模式可以使得碳纳米管长的更长?事实上这是一件很有趣的事情。有些科学家把碳纳米管的生长过程悬在气体里,就能够使碳纳米管长得更长,突破毫米级别,到达厘米级别。这就好比一只风筝,只要有风,它就可以飘,只要风筝线越长,风筝就可以飞得越高。但是,天上的风筝不能过多,否则线缠绕在一起,风筝就都会掉落。我们希望的一种良好模式相当于创造一个条件,让一只风筝安安静静、不受干扰地飞。如果我们能够创造这种环境,让碳纳米管不受干扰地生长,也许它就会成为可以越飞越高的“风筝”。

看似简单,这里的难点又是什么?

微观领域的研究真的很玄妙,它涉及原子、分子、电子、纳米、微米等,影响因素众多。碳纳米管在微观世界生长时,一个很微小的力,都会改变它的生长状态。比如气体分子碰撞、电磁力干扰,都会导致它的生长方向拐弯。只要生长方向一变化,就像天空中的风筝一样,它就会下落。因此,环境中的生长温度不合适、种子上碳的状态不佳等因素,随时都可能使在气体中悬着的碳纳米管这个“风筝”掉下来。

解决烦恼靠“他山之石”

这是一个结合了物理、化学、材料与工程、控制等问题的复体,必须意识到它的难度,这不是靠个人的知识和力量可以解决的。所谓“他山之石可以攻玉”,需要把