

# 摩擦发电:无处不在的电源

● 余惠敏

当你手舞足蹈的时候,当你衣袖飘扬的时候,当你侃侃而谈的时候,当你健步如飞的时候,你可曾想过,这些微小的能量都能被收集起来,为你随身携带的手机等电子设备提供电力?

将这种类科幻场景变成现实的,是一种名为“摩擦发电”的新技术。

## 原理:不同于电磁

现有的各种大能源的发电模式,无论核能、煤电、水电、风电,其基本发电原理一样,都是电磁感应发电机<sup>[1]</sup>,靠线圈转动切割磁力线发电。这与180多年前法拉第发现磁生电、电生磁的电磁感应现象后,所发明的世界上第一台发电机相比,并无本质区别。

摩擦起电机的历史也不短。1882年,英国维姆胡斯创造了圆盘式静电感应起电机。这种起电机所带的电虽然电压高达几万伏,但电流却极小,一般仅几个微安,至今仍用于电学演示实验。

摩擦发电技术与这两者都不一样。这种新型的摩擦发电机由中国科学院北京纳米能源与系统研究所王中林院士在2012年1月研发成功。与电磁感应发电机比,它无需磁铁的累赘,轻便简便,发电效率高。“传统发电机与摩擦发电机的比较,每单位体积的发电密度,后者是前者30倍,每单位重量的发电密度,后者是前者50倍。”王中林说。

与摩擦起电机比,它的输出电流大出几个数量级,可供实用,而不止步于演示。摩擦发电机发明两年后的今天,王中林团队最新研究成果——旋转式直流摩擦纳米发电机,已成功地将输出电流提高到3毫安(1毫安=1000微

安),最高平均稳定输出功率达1.5瓦,首次实现了恒定电流的输出,实现了对小型电器的实时供电。

这是怎么做到的呢?

“摩擦发电机利用了两个原理,摩擦起电和静电感应<sup>[2]</sup>。”王中林说,“摩擦起电电压高,电流小。有电压,没电流,就没功率,一定要电压乘电流才是功率,哪一个为零结果都是零。所以摩擦发电机的关键就在于,如何提高电流输出。”

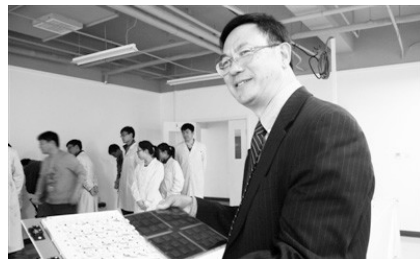
他们首先做出了接触分离式的摩擦纳米发电机:给两种材料接上外电路,再开合这两种材料。两种材料接触时,电子转移,这是摩擦起电。把两种材料拉开一个小距离,材料两端的电极层会产生电位差(电压降),这是静电感应。为了屏蔽这个电压降,电子从外电路流动,产生电流。两种材料不断地拉开再合上,合上再拉开,就产生交变电流信号。

据此原理,王中林研究团队现已做出四种模式的摩擦发电机:接触分离式、滑动式、单电极式、自由浮动式,可以用于收集拍击、震动、滑动、浮动等各种形式的微小机械能。

摩擦起电和静电感应效应的耦合,如灵光一现,让摩擦发电机成为可能。而纳米技术的加入,像画龙点睛,让电流真正实现了有效输出。

“这上面有很多肉眼看不见的花纹。”王中林拿起一个摩擦纳米发电机的圆盘说,“使用纳米技术在材料上增加各种凹凸花纹,可以增加摩擦材料的比表面积,将输出电流提升1到4个数量级。”

最初的摩擦发电机输出功率密度



王中林院士向记者展示阵列式摩擦发电机

仅有3.67毫瓦每平方米,目前最高可达500瓦每平方米,2年间整整提高了5个数量级。摩擦发电机的输出功率极限的不断刷新,正是得益于研究团队通过不断尝试和优化,找到了最利于发电的摩擦表面图案化阵列设计模式和旋转式工作方式。

## 应用:廉价且普适

摩擦发电机结构非常简单、轻巧,用来产生摩擦并形成电流向外输出的基本元件,都是仅有微米级厚度的薄膜材料,发电器件可以柔软,甚至透明。用纳米技术进行表面处理后,衣料、纸张、矿泉水瓶等上千种常用材料都可以成为摩擦发电器件。

材料选择余地很大,结构又简单轻巧,这让摩擦发电机具备了普适和廉价的特性。

普适而廉价的摩擦发电机,目前可以应用于生活的哪些方面呢?

它能回收冲击型能量。拍手鼓掌、海浪拍打,都是这种类型。把它做到鞋垫里,一走路就能发电。把它做到衣服里,走路时衣袖翻飞也能发电。把它做成一块一块放到地毯下,或是街道上,汽车开过去,人走过去,都能发电。想想

北京地铁的汹涌人流,如果把它做到地铁站的通道上,地铁里的照明或许都不需要额外的电力了!

它能回收风能。现有的风力发电要大风才能驱动电磁感应发电机发电,而风力驱动的转动式摩擦纳米发电机,吹口气的微小风就可以发电。研究人员做过实验,将用纳米技术处理过的纸质国旗放在小汽车车顶,车一开动,红旗迎风招展,也能让旁边的LED显示灯亮起来。未来,也许插在阳台上的玩具风车,就可以为你提供停电时的应急照明。

它能回收震动型能量。“震动型能量不好回收,因为它没有规律的。我们做出来了,放在汽车发动机上,放在沙发上,放在桌子上,任何震动都可以点亮LED灯。”王中林说,把它做到学生的书包上,一走路书包震动,灯也一闪一闪,可以用作夜间的安全信号。

它能回收声音能量。声音就是空气振动,过去电输出只有毫伏级,研究团队现在做到了50伏的输出电压。声音驱动的摩擦纳米发电机,还可以当麦克风和录音机用,把声频信号和电信号记录下来,并播放出来。与现有的麦克风和录音机相比,它的优势在于自驱动,无需额外能源。

它能回收水波和水流能量。摩擦发电机很轻巧,把它封装起来浮在水里,可以吸收水波拍打、起伏的能量。南方雨季时,屋檐上滴滴答答的水滴就能产生电流,点亮屋里的灯。

除发电外,摩擦发电机还能当作无需电源的传感器来使用。研究发现,摩擦发电机的电信号输出与动力源的性质有明显的相关性,可以用来反映物体的动作信息。这种传感器最为突出的优点,是在感受终端无需电源,能够通过被测试对象自身的活动来驱动,实现自驱动的主动式传感。这在人机交互界面、智能传感和智能皮肤领域将有非常广阔的应用前景。

研究人员将摩擦纳米发电机做成自驱动声源定位仪,利用声音发电来定位。将三个轻小的发电机作为传感器,

放在屋里的三个角落,根据声波传到不同传感器的时间差来定位。“桌子大的地方定点精确度可到5厘米,大操场的定位精度也是5厘米,因为场地越大时间差越大,定位就更准确。”

纳米发电机作为传感器使用时,可以做成自驱动报警设备。做在门把手上、车门上,一触摸就发电报警;放在地毯下,不用定期更换电池,就能监控家里老人小孩是否摔跤;做到衣物上,遇到地震等重大灾难时,被困人员可通过摩擦发电为搜救人员提供重要位置信息。

轻巧灵活的摩擦纳米发电机,给我们带来了撒豆成兵的无限可能。

### 前景:考验想象力

王中林院士说,“一个人一天正常行走的输出功率是67瓦,有11瓦可以转换成电能。”摩擦发电机为我们回收生活中的涓滴微能,这些涓滴细流能否汇成大海?研究团队在近期《自然-通讯》上发表的文章表明,他们已经找到了摩擦发电机输出功率大幅提高的有效通道,有望突破应用限制,让摩擦发电成为大规模能源供给的绿色新途径。

“我们的高性能摩擦纳米发电机,已经可以直接驱动常规电器,如阅读灯、传感器等。”据悉,旋转式直流摩擦纳米发电机,已经将两种材料转动摩擦而发电的发电效率提高到24%至50%,可以进行较为可观的电流输出。

潮汐能收集装置是另一个有利于实现大规模能源供给的发明。

潮汐能是一种潜力巨大的新能源。海洋面积占全球总面积的71%,海浪的运动模式有4种,海流、海波起伏、海浪拍打、海浪涨落与沙滩间的摩擦。采用传统发电方式的电磁感应发电机,由于结构复杂装置沉重,只有海流可以带动转子发电,因此只能收集海流的能量,其他三种海浪运动能量都浪费了。而摩擦纳米发电机结构简单轻巧,可以把发电单元做成乒乓球大小并浮于水中,海浪运动的4种能量全部可以收集,把这

些乒乓球结成网放到5米深的海水里,表面1平方公里的海面就能产生兆瓦级的电能。

生活中少不了摩擦和震动,从心脏起搏到击打键盘,从海浪起伏到交通运输,都是摩擦发电机的适用范围。过去,这些能量全部浪费了。未来,摩擦发电机可以替我们把它们收集起来,让我们拥有无处不在的微能源。

团结就是力量,当这些微小能源被集中起来时,聚沙成塔、集腋成裘,摩擦发电就有望从微小能源领域跻身到大规模应用的绿色新能源之列。

“这是发电模式的重大突破。”王中林说,摩擦发电机从第一次问世到现在仅有两年多的时间,但是在这两年里却通过其发电模式的多样化、结构的高度可调性和输出性能的不断飞跃,向人们展示了其未来应用的无限潜力,引起了学术界和产业界的极大兴趣。目前已有10多家企业与研究团队联系合作事宜,传感器和手机自充电这两个方向有望最先实现产业化。“摩擦发电的应用,目前主要受限于我们的想象力!”

在你的想象中,摩擦发电还可以用来做什么呢?

【1】电磁感应现象是因磁通量变化产生感应电动势的现象。闭合电路的一部分导体在磁场中做切割磁力线运动,导体中就会产生电流。产生的电流称为感应电流。

【2】摩擦起电的实质是电子的转移,任何两个物体摩擦时,电子由一个物体转移到另一个物体,得到电子的物体带负电,失去电子的物体带正电。

静电感应是外电场作用下导体中电荷重新分布的现象。带电物体与不带电导体相互靠近时,由于电荷间的相互作用,会使导体内部的电荷重新分布,异种电荷被吸引到带电体附近,而同种电荷被排斥到远离带电体的导体另一端。

(来源:《经济日报》)