

# 当摩擦纳米发电材料邂逅寻址车

■本报记者 张双虎

在1米见方的“纸箱迷宫”中，一辆“寻址车”——在特殊环境中能自动规划路线的设备，像蚂蚁一样左试右探，寻找出口。

这是一辆特殊的寻址车——无人指挥、没有遥控，整个寻址过程甚至没有电池或其他外部能源驱动。

“它顺利出来了，只用了约30秒。”中国科学院北京纳米能源与系统研究所博士生熊瑶告诉《中国科学报》，尽管小车找到出口的时间长短并非实验指标，但小车出来得太快了，这让她下意识看了一下时间。

“这里展示了第一个赋能摩擦纳米发电机时序逻辑处理功能的原型机。”中国科学院北京纳米能源与系统研究所研究员孙其君说，“该原型机拓展了与电子逻辑兼容的动态机械逻辑，结合对环境响应的能量源，它可以实现自主感知，在没有任何外部电源的情况下，写入、擦除和执行机械逻辑运算。赋能摩擦纳米发电机时序逻辑的原型机为进一步开发自动驾驶分布式逻辑和自适应智能感知提供了一个平台。”

近日，相关研究成果在《细胞》姊妹刊*Device*发表。

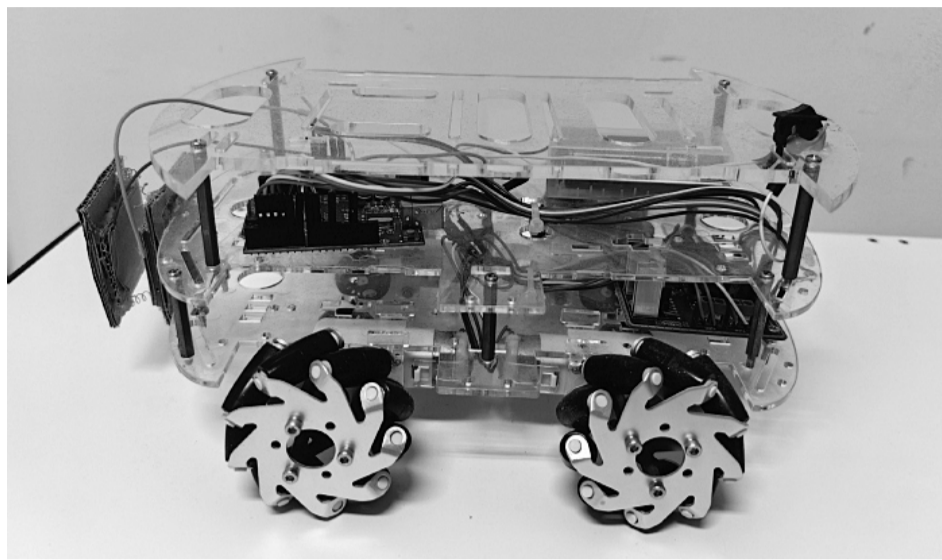
## 材料特性触发灵感

“这项成果源于我们对摩擦纳米发电材料特性的研究。”论文共同第一作者熊瑶说。

熊瑶一直在中国科学院北京纳米能源与系统研究所王中林院士和孙其君指导下进行摩擦纳米发电材料研究。2021年初，她看到一种寻址车在进行功能演示，忽然产生了“寻址车工作原理和摩擦纳米发电材料特性相似”的想法。

“很多寻址车在陌生环境中通过‘碰触’方式探测路线，像蜗牛依靠触角探路一样确定行进路线。”熊瑶举例说，“比如扫地机器人工作时，会通过碰触沙发、桌、椅等家具的方式熟悉室内环境，规划工作路线。而摩擦纳米发电机的本质是两种不同材料的接触、分离并产生电信号，这和寻址车的工作原理相似。”

从理论上说，将摩擦纳米发电机安装在寻址车前端，能实现对陌生环境的感知。因此，研究团队最初的想法是利用摩擦纳米材料做出一款寻址车，用摩擦纳米



赋能时序逻辑的寻址车原型。

受访者供图

发电机实现感知功能。

## 交叉点即突破点

最初，研究团队将摩擦纳米发电机安装在寻址车前端，但很快发现寻址车“碰壁”后似乎“茫然无措”，于是产生了赋予寻址车“决策能力”的想法。

“就是除了传感功能外，赋予寻址车类似大脑的功能，让它根据检测到的信号，进行自主决策。”论文共同第一作者、团队成员张锦涛说，“这样寻址车在未知环境中就能自主地和环境交互，即使面临复杂环境，在无人监督的情况下也能找到出路，这将带来实际的应用价值。”

给寻址车安装“大脑”的想法很简单，但实现起来并非易事。

通过在智能系统结构框架中局部嵌入自动驾驶模块的“感知—决定—响应”回路，研究人员使寻址车具备了自主决策能力，但在实际检验中，它却屡屡“碰壁”。在时序输入间隔过短或较短时间内依次检测到两个空间“碰触”时，时序逻辑决策便会失效。

比如，当处于狭窄空间时，寻址车左边先碰触一次，原型机立即进行决策并发出右转弯指令，但小车刚开始执行动作就碰到了右

边，原型机又发出左转弯指令。忽左忽右的指令让寻址车很快陷入“逻辑循环”，无法执行指令。

“逻辑循环”不但让寻址车“无所适从”，也令研究团队一时找不到出路。

“在思路受限、不知道怎么办的时候，孙老师鼓励我们从数字电子技术文献和书籍中寻找解决办法。”熊瑶说。

虽然本科时选修过数字电路课程，熊瑶还是把《数字电子技术基础》找出来重新学习。她花了两个多月时间研究数字电子技术，并在数字电路中找到了同样的逻辑失效现象——竞争与冒险现象。

“受《数字电子技术基础》启发，并经过反复讨论、测试，我们最终通过引入第三个动作——后退，解决了死循环问题。”熊瑶说，“如果仅限于纳米材料领域，很难想到解决方案，这反映出学科交叉的重要性。”

## 走出迷宫，前景广阔

团队设计了一个复杂迷宫，用于检验自供电组合和时序机械驱动逻辑原型机。

实验中，团队不断优化逻辑电路，并在寻址车前端、左前端和右前端添加多个原型机的方式，让小车有时空感知能力

和逻辑分析决策能力。在此过程中，他们通过传感器芯片、电池等位置安放，调整寻址车配重，避免小车自身不稳带来的转向不精准问题。在反复调试中，他们采用麦克纳姆轮实现了360度顺畅转向，并最终实现了寻址车在无监督环境中，以低功耗方式与外部环境成功交互。

“这种原型机是自供电、低功耗的传感器。”孙其君说，“目前市场上的传感器都需要连接电源。这种无源传感器在野外探险、救援等特殊场景中优势突出。”

据研究人员介绍，特殊应用场景通常空间狭窄，要求探测设备个头儿很小，因此外接电源不能设计过大，导致探测设备难以持久工作。而这种原型机在探测的碰触过程中，既能发电，又能起到感知作用，因此完美解决了自身供电问题。

“专业的说法叫‘事件驱动型’。”论文共同第一作者、团队成员王逸飞解释说，“简单说，就是有触发事件它才工作，才有反馈。如果没有事情发生，它就不工作、不耗电，能够‘超长待机’。”

该原型机是片状结构。和传统的激光雷达传感器、带摄像头的视觉传感器相比，它体积更小，可以方便地安装在寻址车前端，未来也可以装备到机器人上，执行特殊任务的机器人更“聪明”。

此外，该原型机的时序逻辑系统还支持多种类型的传感设备，为补偿传感信号提供了多样选择，并能获取更丰富的外部环境信息。多模态融合对于协同自供电原型机实现更智能的感知、寻址非常有吸引力，可通过将机械或触觉传感信息与从集成光电探测器、摄像头/扫描仪、全球定位系统、惯性传感器等获得的附加传感数据结合起来实现。

“这种具有时序逻辑的自供电原型机还可以通过人机交互终端或脑电波识别模式进行调整，实现更复杂的手势或脑电波控制，从而推动数字孪生和交互式神经形态计算的发展。”孙其君说，“未来，摩擦纳米发电时序逻辑还可以与机器学习算法集成，实现高效的信号处理和数据转换、信息处理和决策，进一步促进该技术在智能传感、自主决策和人机交互等领域的应用。”

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1016/j.device.2024.100472>

# 纪念李四光诞辰135周年座谈会在京召开

本报讯(记者高雅丽)近日，纪念李四光诞辰135周年座谈会在京召开。座谈会回顾了李四光献身科学事业的人生经历，讨论了“爱国、求实、育人、严谨、奉献”的李四光精神，研讨了由李四光外孙女邹宇平口述、陈俭霖撰写的传记图书《一生襟抱为国开——我的爷爷李四光》的创作出版进展。

中国工程院院士康玉柱表示，李四光是中国地质学的奠基人之一，创立了地质力学理论。他的贡献不仅体现在地质学领域，更在于通过科学研究为国家建设和发展提供了重要支撑。李四光的思想不仅当时走在了世界构造地质学的前沿，而且在今天的构造地质学研究中仍具有指导意义。

中国科学院院士李廷栋在书面发言中表示，李四光是一位顶天立地的科学巨人，是科学家精神的杰出典范。他具有强烈的胸怀祖国、服务人民的爱国情怀，他的创新性科研成果对提高我国地质工作水平和推动科技进步发挥了重要作用。

“邹宇平的这部回忆录从不同视角进行了朴素而多彩、立体且生动的描述，既让我们看到李四光一生的艰苦奋斗和卓越贡献，又让我们看到李四光及其后人的业绩经得起时光磨砺和历史检验。这些都激励后人砥砺前行、踏上新时代的新征程。”中国科学院院士石耀霖说。

李四光地质科学奖基金会理事长高平认为：“李四光的科技创新是骨子里的，能够将自己学到的所有知识和认识到的问题用不同于常人的、不墨守成规的方式提出来并亲自实践。”

座谈会由中国科技新闻学会科学文化传播专委会、江苏凤凰科学技术出版社共同主办。



10月26日，2024亚太机器人世界杯青岛国际邀请赛在青岛西海岸新区开赛。本次青岛国际邀请赛以“智链世界 赛启未来”为主题，来自中国、新加坡、日本、澳大利亚等20余个国家和地区的200余支代表队同台竞技。

图为机器人在足球比赛中。

图片来源：视觉中国

# 香山科学会议第755次学术讨论会在京举行，专家指出：

# 分子聚集发光不断催生新的研究方向

本报讯(记者张晴丹)近日，香山科学会议第755次学术讨论会在北京举行。此次会议聚焦分子聚集发光，围绕分子聚集发光机理的阐述、分子聚集发光材料的设计和制备、分子聚集发光材料体系的应用等议题进行了深入讨论。

光的研究大力推动了科学进步，也带来了改变世界面貌的材料和技术。目前，发光材料已得到广泛应用。

分子聚集发光是研究分子在聚集态或固态发光的科学。“2001年，我们团队观察到一类分子在溶液中不发光而聚集后发光显著增强的现象，并基于此提出了聚集诱导发

光(AIE)的新概念，受到了国际上化学、材料、生物、医学等领域研究人员的广泛关注。”会议执行主席、中国科学院院士唐本忠介绍。

相较于传统发光材料具有的聚集导致发光猝灭的特性，分子聚集发光特别是AIE材料可充分利用分子的聚集提高发光效率，在能源、健康、环境以及公共安全等领域有广泛应用。AIE材料被逐渐扩展至聚集态发光材料，由此开创了一个由我国科学家引领、国外研究人员竞相跟进的研究领域，并衍生出许多新的研究方向。作为化学和材料领域的热点之一，AIE的未来发展前景广

阔，有巨大的需求和机遇。

唐本忠呼吁转变思维模式，从分子科学转到聚集态科学。他指出，研究聚集态形成过程中涉及的拮抗作用、协同作用、涌现性、多元性，以及多体单元聚集过程中的相互作用具有重大科学价值，有望从根源上实现研究范式的转变并具有深远的技术意义。

此外，基于分子聚集发光的研究和讨论，也引发了更高层次的关于有机分子聚集体的研究。目前，有机分子聚集体的研究在世界范围内引发越来越多的关注，并不断催生新的研究方向，创新性的研究不断涌现。

与会专家认为，分子之上还有无限的探索空间，对有机分子聚集体的研究有望带来新模型、新假说、新理论……研究人员可在有机分子聚集体这块沃土上开垦耕耘，在这一平台上开拓探索。有机分子聚集态研究所产生的新知识和新技术，将推动科学进步和社会发展。

“有机分子聚集态研究面临很多‘单打独斗’难以解决的问题。为将有有机分子聚集态研究打造成基础研究地貌图上一块隆起的‘世界高地’，我们必须构筑大的研究平台，进行重点支持，鼓励联合攻关，协同创新。”唐本忠强调。

## 发现·进展

# 中国科学院广州生物医药与健康研究院等探索预防寨卡病毒的疫苗新策略

本报讯(记者朱汉斌 通讯员胡冰鑫)近日，中国科学院广州生物医药与健康研究院研究员冯立强、巫林平与广州实验室研究员陈凌等合作，利用环状RNA编码寨卡病毒抗原，探索了一种单剂接种即可预防寨卡病毒感染且无登革病毒感染增强风险的疫苗新策略。相关成果发表于《自然-通讯》。

寨卡病毒与登革病毒类似，均属于黄病毒科，蚊媒相似，流行区域重叠。由于抗原相近，寨卡病毒感染或预防疫苗免疫可诱导针对登革病毒的交叉结合抗体。这些抗体往往中和能力不足，不但不能阻断登革病毒感染，反而通过靶细胞表面Fcγ受体促进登革病毒入侵，加重感染。多个动物模型及临床队列研究表明，预存寨卡病毒抗体可加重登革病毒感染。

该研究采用寨卡病毒包膜蛋白结构域III(EDIII)作为抗原。EDIII含有主要的中和抗体表位，在寨卡病毒与登革病毒间差异较大，有潜力诱导特异性中和抗体反应，减少登革交叉抗体的产生。鉴于EDIII免疫原性较弱，该研究探索了不同聚体EDIII诱导中和抗体及T细胞免疫的能力，发现二聚体能够比单体或三聚体诱导更高水平的中和抗体及T细胞反应。此外，为提升保护效果，该研究引入另一保护性抗原——非结构蛋白1(NS1)。该团队前期证明NS1可诱导保护性免疫反应，且无诱发抗体依赖增强感染的风险。

研究结果表明，编码EDIII-Fc和NS1抗原的环状RNA疫苗，在“母鼠免疫+仔鼠攻毒”模型及干扰素受体缺陷鼠模型中均能有效预防寨卡病毒感染。环状RNA骨架的优化可提升抗原表达量，优化后单剂接种疫苗即可产生有效且持久的免疫保护。在登革病毒感染小鼠模型中，该疫苗策略未触发登革病毒抗体依赖性感染增强。

该成果不仅为研制安全有效的寨卡病毒疫苗提供了依据，也提示环状RNA技术及EDIII-NS1抗原策略有潜力应用于登革病毒等蚊媒黄病毒疫苗的研发。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41467-024-53242-0>

## 大连海事大学

# 新方法大幅提升产氢性能

本报讯(记者孙丹宇)大连海事大学教授宗旭团队在太阳能制氢研究方面取得进展，通过硫化铅(PbS)和非晶钼硫化物(MoS<sub>2</sub>)助催化剂的协同功能化调控，使得各类代表性的金属卤化物钙钛矿(MHPs)的产氢性能均获得大幅提升。近日，相关成果发表于《德国应用化学》。

使用氢气等清洁能源替代传统化石燃料，是实现船舶航运业绿色发展的理想途径。宗旭团队致力于以太阳能为代表的可再生能源制氢研究，通过发展高性能太阳能制氢材料及其优化策略实现高效太阳能制氢反应。

MHPs具有优异的光电物理性质，是理想的太阳能制氢载体。但是，MHPs表面存在大量缺陷，并且缺乏有效的析氢反应活性位点，严重限制了太阳能到化学能的转换效率。

针对上述挑战，该工作提出了一种双功能化策略，即利用含钼硫分子的助催化剂前体对MHPs进行表面修饰。得益于铅和硫之间的强烈化学键合作用以及分子助催化剂前体在沉积溶液中的优异分散，PbS和非晶态MoS<sub>2</sub>助催化剂可均匀且紧密地修饰于MHPs表面。研究表明，PbS助催化剂可以有效钝化MHPs表面的铅相关缺陷，从而减缓电荷复合并显著提高电荷转移效率。非晶态MoS<sub>2</sub>助催化剂进一步促进提取MHPs中产生的光生电子并促进产氢催化反应。

因此，通过PbS和MoS<sub>2</sub>助催化剂的协同功能化调控，各类代表性的MHPs的产氢性能均获得大幅提升。其中，在FAPbBr<sub>3</sub>-J上实现了约4.63%的太阳能到化学能的转换效率，是在MHPs体系中获得最高效率之一。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1002/anie.202409945>

## 华大生命科学研究院等

# 揭秘人体呼吸道健康隐形“防线”

本报讯(记者刁雯蕙)华大生命科学研究院科研人员领衔的团队基于自主测序平台，开展了大规模的宏基因组高通量深度测序，构建了迄今为止最全面的鼻腔微生物群落目录，并首次系统评估了鼻腔微生物这道“防线”的强度，为开发新的预防和治疗策略提供了重要线索。近日，相关研究成果发表于《基因组生物学》。

呼吸道是人体与外部空气环境接触的重要屏障，其中鼻腔是这一屏障的第一道“防线”，不仅负责吸入空气、识别气味，还负责阻止可能引发疾病的微生物侵入人体。人体鼻腔中居住着数以百万计的微生物，它们与人们共同进化和适应、互惠互利，形成一个复杂、稳定的社区。这些亲密的伙伴能够与人体结成“统一战线”，共同抵抗外部的敌人，守护人体健康。

研究团队从1593名健康年轻成年人的鼻腔样本中，成功测序出4197个不同的细菌基因组，包括82个新发现的物种。通过进一步结合鉴定的131种真菌，他们描绘了迄今最完整的人类鼻腔微生物组蓝图，为未被充分研究的人类鼻腔微生物群提供了极具价值的资源和更全面的视角。

此外，研究团队开发出新型生态网络算法，揭示了微生物之间的复杂相互作用，识别出维持鼻腔微生物群落稳定性的守护者——基石微生物。同时，研究发现，女性鼻腔中的微生物群落比男性的更为强健，且具有更强的抗病潜力。

这一发现有助于解释为什么在呼吸道疾病中，男性往往比女性更容易受到影响。文章通讯作者、华大生命科学研究院研究员郭锐进表示：“鼻腔微生物群落赋予了每个人抗击呼吸道病原体的天然抵抗力。未来，我们可以精准增强这些‘基石’菌，比如使用含有功能性益生菌的鼻腔喷雾剂，调节鼻腔微生物群落这道隐形‘防线’的强度，使其更强健、更有效预防呼吸系统疾病。”

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1186/s13059-024-03389-2>