

钙钛矿能否成为硅的替代品？

钙钛矿在制造太阳能电池板方面有很大的潜力，可以很容易地沉积在大多数表面上，包括柔性和有纹理的表面。这些材料的生产成本也很低，重量轻，而且与今天主要以硅为基础的光伏材料一样高效。鉴于钙钛矿的巨大潜力，它们是越来越多研究和投资的对象。然而，希望利用其潜力的公司必须在钙钛矿太阳能电池实现商业竞争力之前解决一些重大障碍。

术语钙钛矿指的是该类化合物家族，此类氧化物最早被发现存在于钙钛矿石中的钛酸钙化合物。这种矿物于1839年被发现，并以俄罗斯地质学家列夫·佩罗夫斯基（Lev Perovski）的名字命名。

钛酸钙（CaTiO₃）是原始矿物钙钛矿，有一个独特的晶体构造。它有一个三部分结构，其组成部分已被标记为A、B和X，其中不同成分的晶格是交错的。钙钛矿家族由许多可能的元素或分子组合组成，这些元素或分子可以占据这三部分中的每一部分，并形成与原始钙钛矿本身类似的结构。

“你可以将原子和分子混合并匹配到结构中，但有一些限制。例如，如果你试图把一个太大的分子塞进结构

中，你会使它变形。最终，你可能会导致三维晶体分离成二维分层结构，或完全失去有序的结构。”麻省理工学院机械工程教授兼光伏研究实验室主任 Tonio Buonassisi 说，“钙钛矿是高度可调的，就像一种自创的冒险类型的晶体结构。”

这种交错格子的结构由离子或带电分子组成，其中两个（A 和 B）带正电，另一个（X）带负电。通常情况下，A 和 B 离子的大小相当不同，A 离子更大。

在整个钙钛矿家族中，有许多类型，例如金属氧化物钙钛矿，它们已在催化、能源储存和转换中找到应用，如燃料电池和金属空气电池。但据 Buonassisi 说，十多年来，研究活动的一个主要焦点是卤化铅钙钛矿。

在这一类别中，仍有大量的可能性，世界各地的实验室正在进行烦琐的工作，试图找到在效率、成本和耐用性方面表现最佳的变体。

许多团队还专注于消除铅的使用的变化，以避免其对环境的影响。然而，Buonassisi 指出：“随着时间的推移，铅基设备的性能不断提高，而其他成分在电子性能方面都没有接近。”探索替代品的工作仍在继续，但就目前而

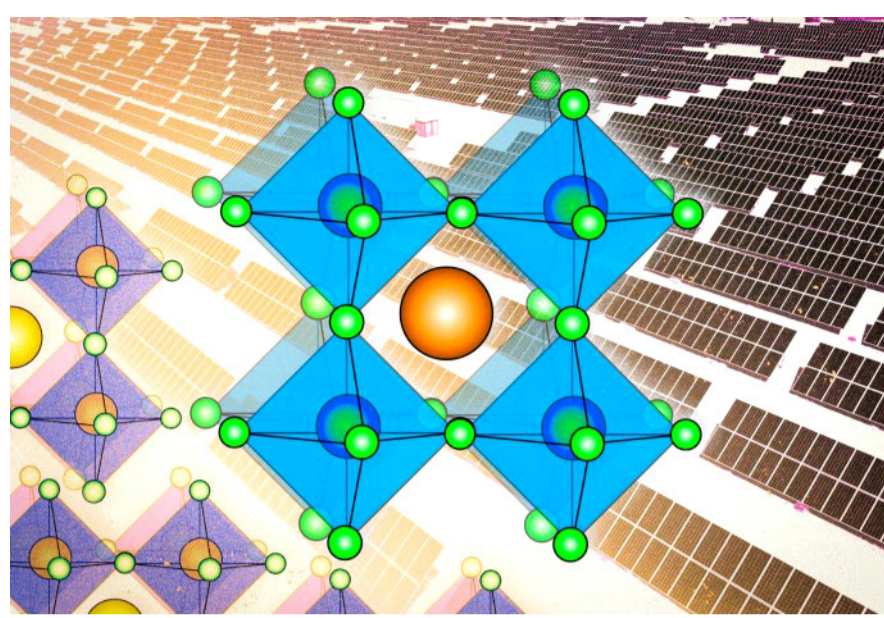
言，没有一个能与卤化铅版本竞争。

Buonassisi 表示，钙钛矿提供的巨大优势之一是它们对结构中的缺陷有很大的容忍度。与硅不同的是，硅需要极高的纯度才能在电子设备中发挥良好的作用，而钙钛矿即使存在许多缺陷和杂质也能正常工作。

为钙钛矿寻找有前景的新候选成分有点像大海捞针，但最近研究人员想出了一个机器学习系统，可以大大简化这一过程。作为该研究的共同作者之一，Buonassisi 认为这种新方法可能会导致新替代品的开发速度大大加快。

虽然钙钛矿显示出巨大的前景，而且一些公司已经在准备开始一些商业生产，但耐久性仍然是它们面临的巨大障碍。硅太阳能电池板在 25 年后还能保持 90% 的电力输出，但钙钛矿的降解速度相比要快得多。尽管已经取得了很大的进展——最初的样品只持续了几个星期，然后是几周或几个月，但较新的配方的使用寿命长达几年，适合于一些对寿命不重要的应用。

Buonassisi 说：“从研究的角度来看，钙钛矿的一个优点是它们在实验室里相对容易制造——化学成分很



容易组装起来。但这也是它们的缺点，这种材料在室温下很容易组合在一起。但它在室温下也很容易分离。来得容易，去得也容易！”

为了处理这个问题，大多数研究人员专注于使用各种保护材料来封装钙钛矿，保护它不暴露在空气和水分

中。但其他研究人员正在研究导致这种降解的确切机制，希望能找到本质上更坚固的配方或处理方法。一个关键的发现是，一项被称为自催化的过程在很大程度上助力了这种分解。

在自催化过程中，一旦材料的一个部分开始降解，其反应产物就会作为

催化剂开始降解结构的邻近部分，并开始进行失控反应。在对其他一些电子材料的早期研究中也存在类似的问题，如有机发光二极管（OLED），但最终通过对原材料增加额外的净化步骤而得到解决，所以在钙钛矿也可能找到类似的解决方案。

Buonassisi 和他的合作研究人员最近完成了一项研究，表明一旦钙钛矿达到至少十年的使用寿命，由于其较低的初始成本，将足以使其在经济上有竞争力，成为大型公用事业或规模太阳能农场的硅太阳能电池板替代品。

Buonassisi 认为，总体而言，钙钛矿的开发进展让人印象深刻，令人鼓舞。他说：“通过短短几年的工作，它已经实现了与碲化镉相当的效率。碲化镉存在的时间更长，仍在努力实现这一水平。在这种新材料中达到更高的性能的容易程度几乎令人难以置信。同样实现 1% 的效率改进所花费的研究时间，钙钛矿的进展比碲化镉的进展快 100 到 1000 倍。这就是它如此令人兴奋的原因之一。”

（逸文）



为了提高可用性，无人机——即自动飞行器——将需要学会在现实世界的天气和风速下飞行。

目前，无人机要么在受控条件下飞行，要么由人类使用遥控器操作。无人机被设计在开阔的天空中编队飞行，但这些飞行通常是在理想的条件和环境下进行的。

然而，要让无人机自主执行日常必要的任务，例如运送包裹或从交通事故中空运受伤的司机，无人机必须能够实时适应风况——从气象学的角度来看，无人机的飞行条件最好是顺风顺水的。

为了应对这一挑战，加州理工学院的一个工程师团队开发了 Neural-Fly，这是一种深度学习学习方法，只需更新一些关键参数，

即可帮助无人机实时应对未知的风况。

5 月 4 日发表在 Science Robotics 上的一项研究描述了 Neural-Fly。通讯作者是航天与控制及动力系统教授、喷气推进实验室研究科学家 Soon-Jo Chung。加州理工学院研究生 Michael O'Connell 和 Guanya Shi 是共同第一作者。

Neural-Fly 在加州理工学院自主系统和技术中心（CAST）使用真实天气风洞进行了测试，这是一个由 1200 多个微型计算机控制的风扇组成的 10 英尺（3 米）乘 10 英尺阵列，可以让工程师模拟从微风到大风。

“问题在于，各种风况对飞行器动力学、性能和稳定性的直

接和具体影响不能用简单的数学模型来准确描述，” Chung 说，“我们没有尝试对航空旅行中经常遇到的湍流和不可预测的风的每一个影响条件进行限定和量化，而是采用深度学习和自适应控制相结合的方法，使飞机能够从以前的经验中学习并适应新的具有稳定性和稳健性的动态条件。”

O'Connell 补充说：“我们有许多源自流体力学的不同模型，但要针对每种车辆、风况和操作模式实现正确的模型保真度和调整该模型则是具有挑战性的工作。另一方面，采用传统经典物理模型为基础，匹配巨量的数据训练机器学习的方式无法实现先进飞

行性能。此外，实时调整整个深度神经网络是一项艰巨的任务。”

研究人员说，Neural-Fly 通过使用所谓的分离策略解决了这些挑战，通过这种策略，只需实时更新神经网络的几个参数。

“这是通过我们新的元学习算法实现的，该算法对神经网络进行了预训练，因此只需要更新这些关键参数即可有效地适应不断变化的环境。” Shi 说。

在获得短短 12 分钟的飞行数据后，配备 Neural-Fly 的自动四



旋翼无人机学会了如何对强风做出出色的响应，从而显著提高了它们的性能（通过它们精确跟随飞行路径的能力来衡量）。这些无人机配备了标准的货架产品飞行控制计算机，无人机研究和爱好者社区通常使用该计算机。Neural-Fly 可在一个信用卡大小的板载 Raspberry Pi 4 计算机上实现运行。与配备类似自适应控制算法（可识别和响应空气动力学效应但没有深度神经网络）的当前最先

进无人机相比，深度学习飞行路径的错误率大约小 2.5 到 4 倍。

Neural-Fly 是与加州理工学院计算与数学科学教授 Yisong Yue 和计算与数学科学教授 Anima Anandkumar 合作开发的，它基于早期的神经着陆器和神经群系统。Neural-Lander 使用深度学习方法来跟踪无人机着陆时的位置和速度，并修改其着陆轨迹和旋翼速度，以补偿旋翼从地面的反冲，实现尽可能平稳的着陆；Neural-Swarm 教无人机在彼此靠近的情况下自主飞行。

尽管着陆似乎比飞行更复杂，但与早期系统不同，Neural-Fly 可以实时学习。因此，它可以即时响应风的变化，并且不需要事后进行调整。Neural-Fly 在 CAST 设施外进行的飞行测试中的表现与在风洞中的表现一样好。此外，该团队还表明，单个无人机收集的飞行数据可以转移到另一架无人机，从而为自主飞行器建立知识库。

在 CAST 真实天气风洞中，测试无人机的任务是以预先规划的 8 字形模式飞行，同时风速高达 12.1 米/秒。这被归类为难以使用雨伞的“强风”。它的等级略低于“中等大风”，在这种大风中很难移动，整棵树都会摇晃。这种风速是无人机在神经网络训练期间遇到速度的两倍，这表明 Neural-Fly 可以很好地推断和总结无法目视甚至更恶劣的天气。”

（逸文）

新技术让人工智能拥有像人类一样的眼睛



来自中佛罗里达大学（UCF）的研究人员为 AI 建立了一个复制眼睛视网膜的设备。这项研究可能会产生尖端的 AI 技术，它能够将立即识别它所看到的物体如用相机或手机拍摄的照片进行自动描述。该技术也可用于机器人和自动驾驶汽车。

最近发表在《ACS Nano》上的一项研究对这项技术进行了描述，在它感知的波长范围方面，从紫外线到可见光再到红外光谱，它的表现也比眼睛更好。

它将三种不同的操作融为一体的能力则进一步促进了它的独特性。目前可用的智能图像技术如自动驾驶汽车中的技术都需要单独的数据处理、记忆和感应。

研究人员称，通过整合这三个程序，UCF 设计的设备要比现有技术快得多。在一个一英寸宽的芯片上装有数百个设备，该技术也相当紧凑。

“它将改变今天实现 AI 的方式，”研究的论文通讯作者、加州大学旧金山分校材料科学与工程系和纳米科学研究中心的助理教授 Tania Roy 说道，“今天，所有的东西都是分立元件并在传统硬件上运行。而在这里，我们有能力在一个小平台上使用单一设备进行传感器内计算。”

这项技术扩展了研究小组以前的工作，该小组创造了类似大脑的设备，这可以使 AI 在偏远地区和空间工作。

Roy 说道：“我们有一些设备，它们的行为就像人脑的突触一样，但我们仍没有直接向它们提供图像。现在，通过向它们添加图像感应能力，我们有了类似于突触的设备，通过同时感应、处理和识别图像，像相机中的“智能像素”一样发挥作用。”

该研究的论文第一作者、加州大学物理系博士生 Molla Manjurul Islam 指出，对于自动驾驶车辆来说，该设备的多功能性将使其在一系列条件下的驾驶更加安全，包括在晚上。

“如果你在夜间乘坐自动驾驶汽车，而汽车的成像系统只在一个特定的波长下工作，例如可见光波长，它将看不到它前面的东西。但在我们的案例中，通过我们的设备，实际上可以看到整个状况，”Islam 介绍道，“目前还没有报道过这样的设备，它可以同时在紫外线范围和可见光波长以及红外线波长下工作，所以这是该设备最独特的卖点。”

该技术的关键是由二硫化钨和二碲化钨制成的纳米级表面工程，其可以帮助实现多波长传感和记忆。这项工作是与 UCF 纳米科学技术和材料科学与工程系的 Yeon Woong Jung 助理教授密切合作完成的。

研究人员通过让该设备感知和识别混合波长的图像来测试其准确性——一个紫外线数字“3”和一个红外线部分即数字的镜像，放在一起形成一个“8”。他们证明了该技术能够分辨出这些图案并将其识别为紫外线中的“3”和红外线中的“8”。

研究报告的论文共同作者、UCF 电子和计算机工程系的博士生 Adithi Krishnaprasad 表示：“我们得到了 70% 到 80% 的准确率，这意味着他们有非常好的机会可以在硬件中实现。”

研究人员称，这项技术可能在未来 5 到 10 年内投入使用。

（杭科）

无须加装电子设备，一步到位制造可编程机器人

来自美国加利福尼亚大学洛杉矶分校（UCLA）的科研团队开发出了一种全新的机器人设计制造和 3D 打印技术，可以无须装配，一步到位制作机器人。该团队在《科学》期刊发表了论文，简述了他们的成果，并演示了他们用这种技术制作出的可以行走、机动和跳跃的小机器人。

这一突破使机器人所需的全部机械结构和电子系统能够通过一种新型的 3D 打印工艺一次性制造出来。制作者可以直接打印出具有多种功能的活性材料（也称为超构材料）。最后制作出的“元机器人”（meta-bot）能够进行运动、感知和决策。

这种被打印出来的超构材料不光可以作为机器人的结构框架，同时它内部的网格结构使它具备了传感和运动的功能，可以根据编写好的指令自主运动。其本身的结构已经具有了传感和致动的功能，唯一需要外加的部件只有电池。

“我们希望这种智能机器人材料的设计和打印方法可以助力一系列自动化材料（autonomous materials）的发展，在未来能

够替代现有的复杂的机器人装配流程。”该项目的研究者，UCLA 萨穆埃利工程学院助理教授郑小雨如是说，“它具有复杂运动、多态感知和可编程决策能力，就像是一个骨骼、肌腱、神经同步工作控制运动的生物系统一样。”

该团队展示了集成控制装置和电池的成果，每台机器人都只有指甲盖大小。根据郑小雨的说法，这种新技术可以为医疗机器人领域带来全新的设计思路，例如自动内窥镜或者微型游泳机器人。这些微小的机器人可以在人体内自主运动，通过超声波避障和寻路，到达特定的位置递送药物。这些“元机器人”还可以被

用于探索危险环境。例如，在一座倒塌的建筑物中，一群集成了传感部件的微型机器人可以快速进入密闭空间，评估危险程度，并寻找被困在瓦砾中的人员，帮助救援工作的进行。

这项新技术的关键是设计和制造具有压电效应的超构材料。他们设计出了一种由大量微小网格组成的超构材料，可以在电流作用下改变形状，并在形状受外力改变的时候输出电流。

能将电能直接转化为运动的活性材料并不是个新概念。然而，这类材料往往在它们的运动范围和距离上有很大的局限。它们往往需要被连接在齿轮箱之类的传



动系统上来完成对机体的驱动。

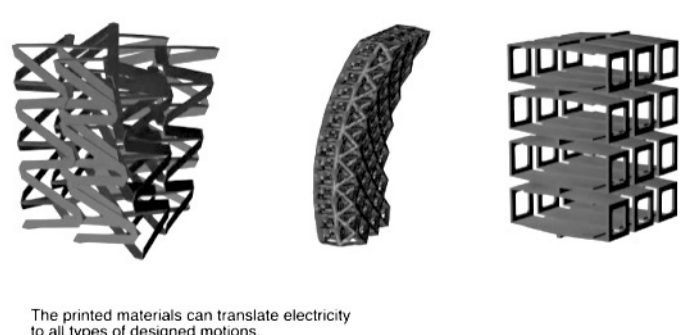
然而，UCLA 团队此次开发的机器人（每个都只有一枚硬币大小）高度集成了具有双向压电效应的超构材料，它能以很高的速率弯折、翻转、扭曲、旋转、扩张和收缩。同时，该团队还发布了一套设计此类材料的方法，方便用户设计自己的作品，并直接使用 3D 打印制作机器人。

“这使得机器人的致动单元可以被精确调控，在不同类型的表面做出快速、复杂的运动，”论文第一作者、来自郑小雨所在的增

材生产和超构材料实验室的博士后崔华晨这样解释道，“这种材料具有双向的压电效应，这使得它能自主感知自己的状态，通过超声波回波来探测障碍，依靠一个负循环调控来调节机器人的运动方向的速度。”

利用这项技术，该团队制作并展示了三台功能不同的“元机器人”。其中一台可以绕过随机布置的障碍，通过 S 形弯道。另一台可以响应刺激并逃离。还有一台可以通过粗糙地面，甚至能够小幅度跳跃。

（董聿恒）



The printed materials can translate electricity to all types of designed motions.