

# 美国宾夕法尼亚州立大学发现制造碳纤维的新方法

美国宾夕法尼亚州立大学的一个研究小组近日通过一项研究发现了一种制造碳纤维的全新方法，可显著降低成本，提高材料强度，有望在未来提升这种轻质、高强度的材料安全性，并降低汽车、航空航天材料的制造成本。研究小组结合计算机模拟和实验发现，在生产过程中添加少量二维材料石墨烯，可以降低碳纤维的生产成本，又可使纤维强度增强。

过去几十年，碳纤维一直是航空制造业中的关键材料。碳纤维能得到于该应用，这基于碳原子长链材料比人的毛发更细，轻巧、坚硬且高强，这些特质保证了碳纤维可在飞行器中广泛应用，并能够保证乘客的安全。

宾州州立大学机械与化学工程系教授 Adri van Duin 表示，即使碳纤

维确实有很好的功能，但按照现在的碳纤维制造方式，如果汽车使用这种材料，依然成本过高。如果能够通过更易于制造的方式获得碳纤维的优异性能，汽车等产品可以重量更轻，制造成本更低，安全性获得提升。

目前，低端碳纤维的售价约为每磅（0.45 千克）15 美元，研究团队（包括来自宾夕法尼亚州立大学、弗吉尼亚大学和橡树岭国家实验室的研究人员）与工业合作伙伴索尔维和奥什科什公司（Oshkosh）合作，希望通过改变复杂的生产过程，将碳纤维的价格降低到每磅 5 美元左右。较低的生产成本将增加碳纤维在汽车或军用车辆中的潜在应用。此外，该团队的研究还可能降低生产其他类型碳纤维的生产成本，其中一些高端碳纤维如

今的售价可能高达每磅 900 美元。

宾州州立大学机械工程系的研究员 Magorzata Kowalik 表示，目前，大多数碳纤维都是由聚丙烯腈（PAN）作为前驱体的聚合物生产而成的，且制造成本很高。PAN 的价格约占碳纤维生产总成本的 50%。

目前市面上 90% 的碳纤维都利用 PAN 制造而来，但其生产需要消耗大量能源。首先，PAN 纤维必须加热到 200~300℃ 才能氧化。接下来，必须将它们加热到 1200~1600℃，才能将原子碳化。最后，必须将它们加热到 2100℃，以使分子正确排列。没有这一系列步骤，所得材料将缺乏其所需的强度和刚度。

研究团队在发表于最新一期《科学进展》的论文表示，在生产石墨烯

过程的第一阶段中添加微量石墨烯（重量浓度仅为 0.075%），即可制造出一种碳纤维，其强度提高 225%，刚性提高 184%，强于基于 PAN 制造的碳纤维。

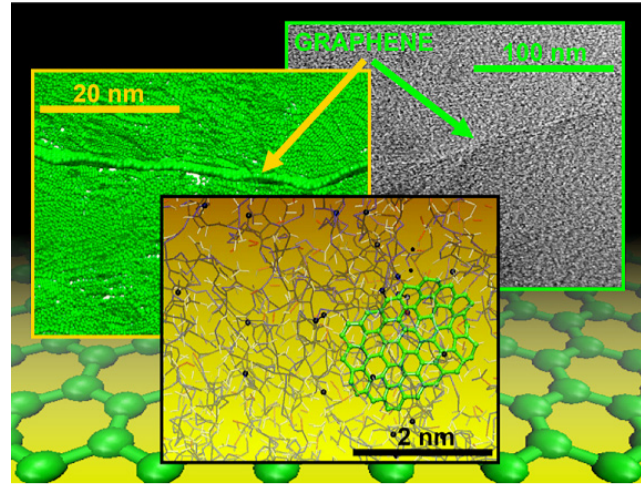
研究团队通过计算和数据科学研究所（ICDS）高级网络基础设施，在几台超级计算机中进行了一系列小型和大型计算模拟，收集了在这种新方法生产碳纤维过程中发生的化学反应机理和数据。此外，研究人员还使用宾州州立大学材料研究所（MRI）的实验设施研究了生产材料的基本性能。

MRI 材料计算中心主任和 ICDS 成员的 van Duin 表示，通过上述方式，可将不同尺度试验联系在一起，这不仅证明了新制造工艺的有效性，同时还为研究人员提供了原子尺度上使用

石墨烯添加剂产生作用的机理，这些数据可使人们进一步优化工艺流程。

石墨烯的二维平面结构有助于在整个碳纤维中一致地排列 PAN 分子，这在生产过程中是必需的。此外，在高温下，石墨烯的边缘具有天然催化特性，因此其余 PAN 在这些边缘周围凝聚。

利用从这项研究中获得的新知识，研究团队正在探索使用更低成本的前驱体在生产过程中进一步使用石墨烯的方法，目的是减少生产步骤，从而



进一步降低成本。  
美国能源部和国家科学基金会（NSF）对这项研究提供支持。（陈济彬）

# 英国研究人员根据蚊子夜间导航原理开发无人机新型规避系统

| 彩林

近日，英国研究团队利用蚊子夜间飞行原理研制出一种四轴无人机，其研究结果发表在《科学》杂志上。在研究报告中，详细阐述了蚊子如何通过感知翅膀拍打产生的气流变化来避开黑暗中的障碍物，并根据蚊子夜间导航为无人机配备防撞感知系统。

该研究团队由来自英国皇家兽医学院（RVC）的 Richard Bomphrey 教授牵头，成员包括来自利兹大学生物医学学院的 Simon Walker 博士等。他们利用对雄性库蚊（Culex quinquefasciatus）的感知机制，为自主式四轴无人机开发了一个仿生规避系统，该系统可模仿昆虫捕获空气动力学信息，从而获得躲避障碍物的能力。

夜间活动的蚊子能够在黑暗中飞行，轻松落在人类或其他动物身上觅食，并保持隐蔽。这些夜间活动的蚊子仅使用机械感应就可实现对物体的感知。机械感应是对机械刺激的反应，使他们无需使用眼睛即可感知障碍。

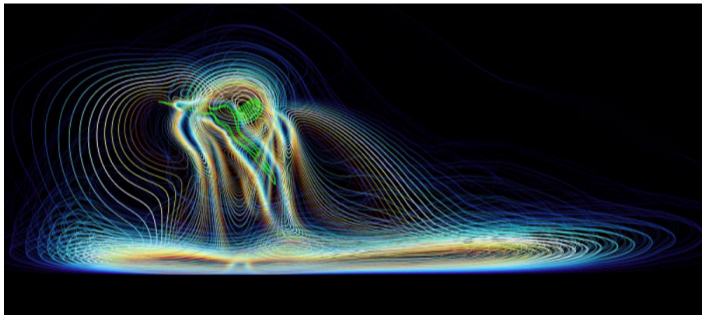
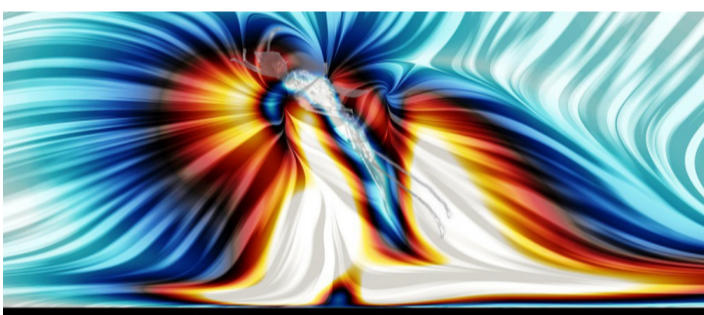
蚊子和其他会飞的动物通过加速周围的空气飞行，在每个拍打的翅膀下面产生快速的喷射。这些射流遇到地面或墙壁等障碍物后会改变形状。由于蚊子头部触角底部有一组灵敏的受体，叫做“约翰斯顿器官”，蚊子能够探测到气流模式的这些变化。研究人员称之为“空气动力学成像”：它能让蚊子无法通过身体接触感觉到表面时感知周围的世界，即使是在黑暗中。

研究团队利用基于蚊子飞行的高速记录的计算流体动力学模拟，研究地面和墙壁对身体周围气流的影响。他们发现了一个趋势：触角上的“约翰斯顿器官”在低海拔地区很容易探测到气流的变化，而在高海拔地区，这种反应会减弱。气流模式差异最大的一个位置出现在头部上方，这意味着昆虫的触角处于最佳位置，可以感知这些变化，尽管它们离地面最远。

飞机和直升机飞行员非常熟悉一种名为“地面效应”的现象，这种现象在离地面非常近时往往会起作用，通常在低于两个机翼长度的高度时会很明显。

研究人员利用采集到的新数据预测了

库蚊能够探测表面的最大距离：超过 20 个翅膀长度，远远大于基于现有空气动力学模型的预期探测距离。Simon Walker 博士表示，蚊子是昆虫中的一个异类，它们的翅膀很长，扇动频率极高。它们在飞行过程中使用了非传统的空气动力学，这项研究为它们的进化之谜提供了另一块拼图，也为工程师提供了鼓舞人心的技术。研究团队的下一步计划是将空气动力学成像的概念转移到微型四轴无人机上，在无人机上安装一个由连接到压差传感器的探针阵列制成的生物激励传感器装置。通过测量四轴无人机周围的气流速度，研究人员可确定探头的位置，以获得最大的灵敏度。当传感器模块放置在接近表面时气流变化最大的区域时，其性能与蚊子一样达到最佳。这个简单的模型能够在足够远的距离内成功地探测到表面并发出警报，从而在接近地面和墙壁时避开障碍物。与以往的表面感应四轴无人机研究不同，该模型只需要基本的阈值，几乎不需要任何处理就可以工作，且轻巧、节能，也易于扩展。



# 机器学习处理时空问题

| 逸文

在去年一件令人惊叹的发现中，事件视界望远镜（Event Horizon Telescope）首次向世界展示了黑洞阴影的样子。但是黑洞内部究竟在发生着什么呢？广义相对论告诉我们，黑洞是时空的奇点，这是与量子力学的模糊性不符的数学特征。如果科学家想了解黑洞内部发生了什么，他们将不得不统一这两种理论。目前量子引力理论中最流行的是弦论，而其中需要解决的主要的难题在于处理计算过于复杂的量子力学波函数。加利福尼亚斯坦福大学的 Xizhi Han 和 Sean Hartnoll 的新工作表明，神经网络（与用于生成逼真图像的神经网络非常相似）可以使此计算更容易进行。他们的研究结果为利用计算方法探索引力的量子性质开辟了一条新途径，使理论科学家可以对引力进行“实验”。

将广义相对论和量子力学统一起来是爱因斯坦的一大梦想。在弦理论家看来，实现这种统一最有前途的途径是推测某些弦引力理论与某些量子（规范）理论中相互作用的自由度（例如粒子）之间存在“对偶性”。对偶性能关联两个看似描述完全不同物理系统的理论，就像字典将两种语言的单词和其解释联系在一起一样。物理学家发现这种联系极为有用，因为在一种系统中非常难以解决的问题，在另一种系统中可能有更简单的解法。尽管规范—引力对偶性只是一个推测，但已经有特殊的例子证明了，利用对偶性可以通过“简单”或“困难”的两种方式计算相同的特性。

规范—引力对偶性将如何帮助我们更了解量子尺度的时空呢？答案是，对偶性使我们能够根据量子对象的集

体行为来描述黑洞的几何形状（其时空形状）。然后，我们可以尝试理解黑洞的时空几何形状是如何从微观的自由度显现的。该计划中的难题在于，使用对偶性中的量子部分来解释问题所涉及的计算令人望而却步。因此，弦理论家正在整合其他学科（例如计算机科学和统计学）的新计算工具。

这种方法是 Han 和 Hartnoll 新工作中的精髓，他们使用神经网络精确地描述了一个量子对象系统，虽然该系统经过简化，但仍然捕获了时空几何中的基本特性。更具体地说，他们找到了这个多体系统的基态波函数，并根据第一性原理从中确定系统的所有特性。由于波动函数是如此复杂，要计算这样的波动函数必然困难重重。此外，计算它的最佳方法通常需要知道波函数的数学形式，这对于计算与规范引力对偶有关的系统而言，其波函数更是未知的。

斯坦福大学这组的方法基于 2016 年的一篇开创性论文，该论文展现了运用人工神经网络发现多体波函数的潜力。正常而言，神经网络接受输入，并对其一系列数学运算，然后返回一个数字。对于许多常见的应用程序，神经网络使用数据进行“训练”以识别输入（例如面部）。然而，在寻找量子系统的波动函数时，小组使用网络的内在（函数）来生成试验波动函数并计算系统的能量，并依靠单独的迭代方案选择产生较低能量值的“较好”波动函数。Han 和 Hartnoll 采用

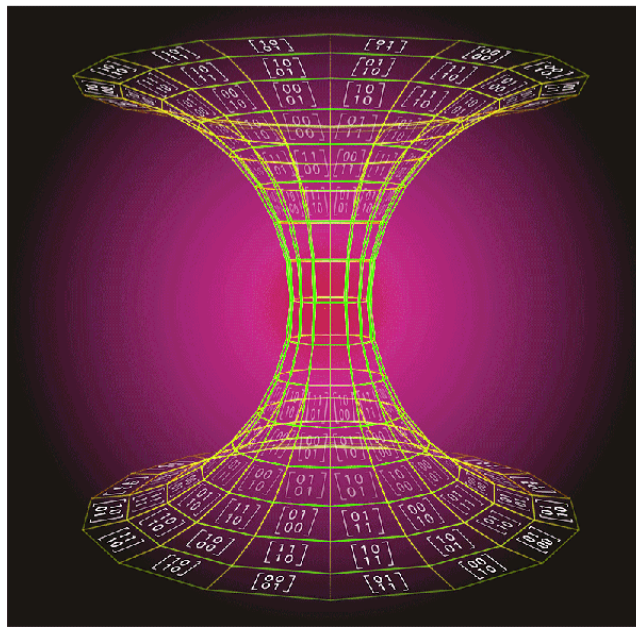
这种方法，修改了现代神经网络来描述量子系统的波函数，并称之为 mini-BMN 模型。该模型使用三个矩阵来展现系统的基本自由度及其相互作用。该模型是一个精简版本，实际上与黑洞附近的时空弦理论对偶的模型需要 9 个矩阵来描述。研究人员已经能够使用诸如随机蒙特卡罗模拟之类的方法来估计与 mini-BMN 相关的可观测量。但是这些方法的计算量很大，并且无法直接获得波动函数或场论性质（尽管存在可能的解决方法）。使用神经网络，Han 和 Hartnoll 能够有效地提取具有足够信息的近似波函数，以描述先前未探索的量子状态下的引力。

首先，研究人员将量子波函数定义为 mini-BMN 理论矩阵上的参数化概率分布。然后，他们使用迭代过程来寻找使系统能量最小的参数。这种“训

练过程”就像将一桶沙子摇晃直到表面平整：每次摇晃，沙粒都会重新排列成新的形状，从而消除了一些表面隆起的部分，并使沙子更加平整。类似地，优化程序在一系列分布中选择产生“最佳”基态波函数的参数。由于他们基于深层生成流建立了神经网络，因此研究人员可以有效地采样许多不同的复杂波函数，并找到最精确的基态波函数。

为了对他们的波动函数进行检验，Han 和 Hartnoll 使用它来计算半经典状态中的某些可观测量，这样半经典中的结果就可以与现有的计算结果进行比较。例如，他们复原了弦论中预测的新兴几何特性，例如模糊球体状态的存在。他们还可以描述这些状态下的量子纠缠，这是量子引力中的关键一环。

如前所述，mini-BMN 理论仅在规范引力对偶性中描述了实际量子系统的精简版本。但是 Han 和 Hartnoll 引入了一个强大的计算工具来提取几何性质，这确实令人鼓舞。该工具可以为未来的神经网络算法的设计提供基准，而这种算法在量子引力研究中的应用极具潜力。计算机科学中的算法以惊人的速度提升。如果同样的进展延续到物理科学，科学革命或将进行。当然，机器学习不是魔术，它仅适用于某些种类的输入，因此这仅适用于某些问题。但这是一个重要的工具，其可让科学家满足对未知事物的好奇心。从夸克、胶子到质子再到时空的出现，量子场论中一些关键而又亟待解决的问题都可以从机器学习工具中受益。



# Aerion 公司发布未来清洁能源超声速民用飞机愿景

据英国《飞行国际》网站 5 月 19 日刊文，Aerion 公司在 2050 年愿景中提出了发展全电及混合电推进超声速 / 高超声速民用飞机计划。

该公司认为到 2040 年，航空运输业的飞行速度可能高达 3.8~4.5 马赫，甚至超过 5 马赫，洛杉矶到东京间的飞行可在 2 小时内完成。而 2050 年则可能实现全电推进的超声速飞行。目前还有多项技术困难亟待解决，热管理是一项关键问题，需要开发主动冷却、非烧蚀高温蒙皮等新型技术予以解决；需要新型高能量密度电池及相应的能量管理技术。此外，全电推进飞机重心无法像传统飞机一样通过燃油进行调整，也需要相应的解决方法。

Aerion 公司已提出 AS2 超声速公务机方案，该机由三台 GE 公司发动机提供动力，设计最大航程在 1.4 马赫速度下为 4200 海里（7780 千米），在 0.95 马赫下为 5400 海里（10000 千米）。该公务机计划于 2024 年首飞，并在 2026 年投入服务，目前看来疫情可能会造成计划延期。

公司已获得波音公司等机构的投资，计划今年年底或明年年初募集更多资金，并计划搬迁至佛罗里达州墨尔本，并新建名

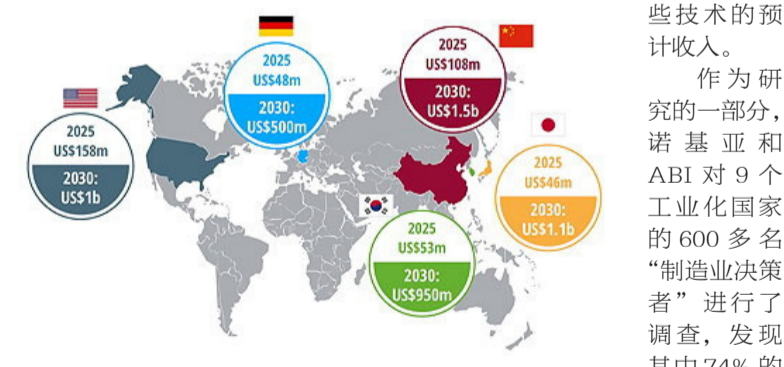


为 Aerion 公园的研发基地。

目前已有多家公司提出超声速飞机方案，但这一领域发展还面临多项障碍。首先，以美国联邦航空管理局（FAA）为代表的监管机构禁止开展陆地上空超声速飞行，原因在于超声速带来的音爆会影响地面人员，目前业界正在开展先进音爆控制技术研究。第二，在起飞和降落阶段，超声速飞机的发动机噪声必须满足相关限制。（修作栋）

AS2 将使用“马赫截止”（Mach cutoff）技术，将引爆引向上方投射，从而降低其对下方陆地的影响。该机的发动机采用了新型“空气直接捕获”合成燃料技术，可从空气中捕获二氧化碳并通过新技术将其与氢气合成清洁燃料、供发动机使用。AS2 的衍生型号可以执行热点城市间飞行服务，其高空、超声速巡航能力也可以应用在军事监视侦查任务中。（修作栋）

# 5G 连接将在未来全球数字工厂中占据主导地位



根据诺基亚和 ABI 研究公司的最新研究预测，到 2030 年，全球智能工厂将有近 40 亿个无线连接，在 2019 年至 2030 年，工厂中低功耗广域（LPWA）长期演进（LTE）无线连接的市场将达到 93.8% 的复合年增长率迅猛增长。

该研究预测，到明年全球将有 910 万个 4G 连接。到 2025 年，这个数字将增加到近 1200 万，5G 的连接数将达到 523 万，从而吸引更多关注。到 2030 年，5G 将占据主导地位，全球数字工厂的连接数量将达到 3.44 亿。

这项业务的价值将是可观的。诺基亚和 ABI 预测，到 2030 年，用于连接机床的无线技术的收入将达到 1340 亿美元，资产跟踪应用程序的价值将达到 780 亿美元，联网 PLC 的价值将达到 400 亿美元。该研究还预测，中国将成为 4G、5G 和 LPWA-LTE 工厂数字连接的最大工业用户。上图的数字显示了 2025 年和 2030 年这

些技术的预计收入。

作为研究的一部分，诺基亚和 ABI 对 9 个工业化国家的 600 多名“制造业决策者”进行了调查，发现其中 74% 的人希望在 2022 年底前升级通信和控制网络。当被问及为何计划投资 4G 或 5G 技术时，63% 的受访者表示需要对现有基础设施进行数字化和改进，51% 的受访者希望将这些技术应用于自动化和机器人技术，42% 的受访者希望实现员工生产力的新水平。

诺基亚公司负责市场营销的副总裁 Manish Gulyani 表示：“随着支撑其实现的快速、安全、低延迟连接的出现，我们已经达到了工业 4.0 转型的拐点。这项研究表明，人们对工业级无线网络有着强烈的兴趣，以获取数字化和自动化带来的变革性好处。”

无线制造之路还面临着几个挑战，从频谱接入到监管机构限制，到需要 5G 规范机构强化其标准。此外，还需要证明部署专用蜂窝网络的资本支出是合理的。报告指出，定义用例并量化它们以证明投资是“具有挑战性的”。（阴朝艳）