

超「听话」的超材料诞生了

(上接第1版)

“太极图的灵感是从中国传统文化中获得的。当时我在用笔构思各种简单大气又有用的形状，脑子里突然闪现《易经》中‘两仪生四象，四象生八卦’这句话，随之就想起了太极图。因为太极的核心思想就是‘变化’，而我们想要的材料特性也是‘变’。”方鑫说，“引入太极理念后，我们设计的构型具有正积极性和负积极性，提供了一个很好的设计维度。”

在此基础上，该团队使用紧密耦合的周期齿轮和两个格子框架(前和后)将齿轮排列成简单的图案，外部形成两个弹性臂，其外向厚度随旋转角度 θ 平滑变化。在压缩载荷作用下，臂部的变形以弯曲为主。

“任何两个啮合齿轮的自转方向都是相反的。正面和背面太极图案的螺旋方向是相反的。因此，一对齿轮的啮合模式有两极。当图案的螺旋方向相反时，极性为正，反之则具有负极性。”方鑫说。

为了验证这一构想，团队采用投影显微立体光刻3D打印技术制作了5行6列的太极齿轮组成的集成微型超材料。太极齿轮的直径和齿厚分别为3.6毫米和235微米，最粗的臂为75微米。样品由杨氏模量为3.5GPa的光敏树脂制成。

“这种微型试件的等效模量 $E_y(\theta)$ 可以平滑地调整35倍(从8.3MPa到295MPa)。用金属材料制备的样品调节范围则可达75倍。”方鑫说，这意味着即使是在微尺度上，基于齿轮的集成超材料也可以通过三维打印直接制造。这种集成制造的主要挑战是确保啮合齿不会融合在一起，但仍能有效地参与啮合。

旋转变速器行星齿轮即可“变身”

该团队设计的第一种超材料仅在压缩载荷下可调。“我们期望找到一种设计方法，使其压缩模量和拉伸模量均可调，同时保持结构完整性。”方鑫介绍，团队探索发现，这可以通过将行星齿轮系统组织为元胞来实现。团队使用行星齿轮簇构建了一个层次分明的超材料，其可调性来自元胞内齿轮的相对旋转。

“我们设计的行星齿轮超材料的变刚度来自每个行星齿轮内部。齿轮环产生弹性弯曲变形，其内部的行星齿轮是齿环变形的支点，通过旋转行星齿轮改变齿轮环的位置就可以改变它的变形刚度，从而对超材料参数进行调节。”方鑫说，对于组装的超材料，所有的太阳齿轮通过轴连接到传递转动的齿轮上，这些传动齿轮紧密地耦合在一起。因此，只需要旋转其中的几个传动齿轮就可以实现对所有元素的重新配置和调节。

“有趣的是，我们设计的超材料可在很大的压缩力下保持稳定，并在剪切时显示出较大的刚度。支撑稳定性的因素之一是一种齿轮组的自锁机制，另一因素则是齿轮的咬合力。”方鑫表示。

该团队提出了几个可展示齿轮基超材料广泛应用潜力的场景。“对于机器人，可调刚度腿/执行器能够提供高刚度以在行走时稳定支撑重物，低刚度则在跳跃或跑步时提供减震保护。航空发动机挂架系统中需要类似的可调刚度隔离器，以在不同飞行阶段保持最佳性能和效率。”温激涛表示。

“人们还可以通过使用锥齿轮、将平面齿轮组装成分层结构或合成不同类型的齿轮来设想3D超材料，利用集成制造将这些可调特性连接起来，以生产坚固的多用途设备。以微型超材料为例，高分辨率和大规模的3D打印，使基于齿轮的超材料进一步小型化和延伸成为可能。”方鑫说。

《自然》审稿编辑认为，这种基于齿轮的力学超材料是使机器部件实现刚度可调的同时保持结构强稳定的可行途径，比如通过使机器人的结构变软或变硬来更好地适应跳跃和抓取物品等动作。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41563-022-01269-3>

关于中国科学院华南植物园全面退出广州市中科智慧农业创新研究院的声明

由于合作期限届满等原因，自2022年7月1日起，中国科学院华南植物园全面退出广州市中科智慧农业创新研究院(以下简称创新研究院)，不再参与创新研究院的任何事宜。自此，中国科学院华南植物园与创新研究院不存在任何合作关系，也从未授权创新研究院使用我园知识产权或商标、名称、LOGO等，创新研究院的经营发展与我园无任何关联。特此声明。

中国科学院华南植物园
2022年9月5日

升温超1.5℃可引发7个气候临界点

本报讯 从融化的冰盖到巨大的珊瑚礁，全球变暖正在以确定无疑的方式改变着我们的世界。但相关“临界点”却具有一定的争议性——超过这个点，这种改变就会不可逆转。一些研究人员认为，强调迫在眉睫但不确定且无可挽回的临界点会助长公众的冷漠，而不是激发人们遏制气候变化的努力。

9月9日，发表在《科学》上的一项关于气候临界点的研究综合了最新证据，表明全球气温上升可能相继超过16个临界点，从而引发极地冰川崩塌、永久冻土融化、季风破坏以及森林和珊瑚礁死亡。研究发现，地球许多系统已经受到气温上升的压力，即使在限制全球变暖的最雄心勃勃的方案下，地球仍然会发生巨大变化。

英国气象局哈德利中心气候科学家Chris Jones认为，这是一项“及时而彻底的工作”。他说，这些发现与之前的研究大体一致，但数据更新，而且更详细。他和其他气候科学家同时警告说，不要对这些发现作出“灾难性”的解释。

为了预估临界点，埃克塞特大学地球系统

科学家David Armstrong McKay团队从古代气候记录、现代观测、模型预测和目前最好的评估中收集证据，研究了生态系统、大气系统和其他系统，以确定随着地球变暖，那些最容易发生突然、不可逆或自我维持变化的系统。然后，他们估计了每个系统中可能触发临界点的最小变暖量，以及在灾难性转变不可避免之前，一个系统可能承受的最大变暖量。研究人员还对每个临界点的位置作出了最优预估。

研究发现，总体而言，在当前全球变暖的水平下(自前工业化时代以来升温1.1℃)，地球已经超过了5个临界点的低端风险评估，使珊瑚礁、永久冻土和极地冰层处于危险之中。仅仅0.8℃的升温就可能加速格陵兰冰盖的融化，而仅仅1℃的升温就可能使南极西部冰盖走向崩溃。

澳大利亚国立大学气候科学家Nerilie Abram说：“一旦冰盖开始崩塌，它将会变成一个更不稳定的结构，从而导致全球海平面上升。”

该研究还发现，将全球变暖控制在1.5℃到

2℃(《巴黎协定》的粗略目标)，可能意味着将超过7个临界点，这将导致高山冰川的流失和关键洋流的中断。尽管1.5℃的目标最初只是给外交斡旋带来“一些便利”，但McKay表示，这项研究强化了未能实现这一目标的风险。

Abram对此表示赞同，认为这篇论文综合了大量证据，使决策者和其他人更容易看到社会选择如何有助于避免或加速到达临界点的空间。

美国罗格斯大学气候科学家Bob Kopp警告说，过于关注特定的温度阈值可能会引发争论，即没有任何措施可以将变暖保持在更安全的水平。他说：“我担心临界点会助长这样的想法，即存在一个门槛，低于这个门槛我们没问问题，高于这个门槛就不行了。相反，其实每一次升温都会产生额外的风险。”

为了获得更多的确定性，研究人员开始比较不同气候模型对临界点的预测。但瑞士伯尔尼大学气候科学家Thomas Stocker认为，应该等到下一代气候模型出现后再进行比较，因为后者有望产生更详细的结果。不过，越来越多的



一项新研究发现，全球变暖可能已经使格陵兰岛冰盖发生不可逆转的融化。

图片来源:FELIPE DANA/AP IMAGES

科学家已经认识到，就目前而言，对临界点的风险评估是非常必要的。(辛雨)

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.abn7950>

科学此刻

两颗宜居类地行星

两颗比地球稍大的岩石行星在一颗昏暗红矮星的宜居带内运行，其中一颗可能是迄今发现的第二大类地系外行星。相关研究近日发表于《天文学与天体物理学》。

这两颗行星分别名为LP 890-9b和LP 890-9c(也被称为SPECULOOS-2c)。LP 890-9b此前已被发现，但人们对它知之甚少。而关于SPECULOOS-2c，人们只知道它的大小，及其每8天绕行星母星LP 890-9(也被称为SPECULOOS 2)一周。

发现SPECULOOS-2c的英国伯明翰大学的Amaury Triaud和同事，希望通过詹姆斯·韦布空间望远镜(JWST)了解更多关于这颗行星的秘密，比如它是否有大气层及其组成，这可以判断该星球是否存在生命。

当一颗行星从恒星前经过时会使得后者光线变暗，天文学家往往通过这种方法寻找其他星系中的行星。但是当恒星像太阳一样明亮时则很难产生上述现象，而更冷、更暗的恒星，如红矮星，则更容易观测到上述现象。

利用该方法，Triaud等人发现了许多潜在的宜居行星。其中SPECULOOS-2c处于恒星宜居带内，这意味着其环境不会过冷或过热，表面可能有液态水存在。



位于智利阿塔卡马沙漠的SPECULOOS望远镜被用来观测SPECULOOS-2c。

图片来源:欧洲南方天文台

SPECULOOS-2c的半径比地球大30%至40%，环绕恒星一周仅需8.4天。它同月球一样被潮汐锁定，这意味着该星球一边是永远的白天，另一边则是永远的黑夜。

尽管与地球存在诸多差异，但Triaud团队估计，SPECULOOS-2c可能是迄今发现的第二颗最适合人类居住的行星。第一颗宜居系外行星是TRAPPIST-1e，由Triaud和同事于2016年发现，其表面可能存在液态水。

TRAPPIST-1e是当时发现的3颗可能适合人类居住的地球大小的行星之一，它们围绕着一颗名为TRAPPIST-1的红矮星运行。

TRAPPIST-1e是其中最有可能拥有类似地球的海洋世界的行星。

根据该团队的测量数据，SPECULOOS-2c似乎离TRAPPIST-1e不远。

爱丁堡大学Beth Biller指出，这些行星的发现以及JWST的进一步观测，有助于理解是什么使行星适合人类居住。但她认为，这颗行星比地球大且更靠近其主星，这可能意味着其辐射水平更高，这与它的潜在宜居性不符，因此仍需深入研究。

(徐锐)

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202244041>

海产品可提供更多营养且减少碳排放

本报讯 根据《通讯—地球与环境》9月8日在线发表的一篇文章，可持续的海产品能够比牛肉、猪肉和鸡肉为人类提供更多营养，同时减少温室气体排放。这些发现表明，以政策促进海产饮食替代其他动物蛋白，或可改善未来食品安全，帮助应对气候变化。

为满足人口规模的增长，全球人类饮食需要在更具营养的同时减少气候足迹。人们已知海产品是良好的蛋白、脂肪酸、维生素和矿物质来源。此前的研究表明，在饮食中海产品替代肉类有着潜在的环境益处。然而，试图降低气候排放的未来饮食策略通常促进的是基于植物的“绿色”饮食，忽略了基于海产的“蓝色”饮食潜力。

加拿大哈利法克斯市达尔豪斯大学Peter Tyedmers、瑞典哥德堡市瑞典研究院Elinor Hallstrom和同事，从2015年的大范围渔业及水产养殖来源中，分析了全球重要捕捞和养殖来源海产品的营养密度和气候影响。

他们发现，野外捕捞的鲑鱼、鲱鱼、鲭鱼和鳀鱼，以及养殖的贻贝和牡蛎，在相同营养价值下气候影响最低。经分析的海产品中，有一半营养密度高于牛肉、猪肉和鸡肉，而温室气体排放则较之更低。生产和捕获方法的差异会给每一物种的气候影响带来很大不同。作者建议，为进

一步降低排放，渔业应采用节能高效的捕捞技术，重建枯竭的种群，同时养殖更多未被食用的鱼类和贝类，并找出更多对气候友好的鱼饲料来源。

这项研究专注于温室气体排放，而非对生态系统的潜在影响，但这些发现仍凸显出海产品提供有益气候的可持续且富含营养食物来源的可能性。研究人员认为，帮助应对气候变化的欠佳饮食的政策应促进可持续的海产品消费。

(赵照熙)

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s43247-022-00516-4>

木具有重要意义。

相关论文信息:<https://www.nature.com/articles/s41586-022-05038-9>

蝎虎座BL相对论射流的快速准周期振荡

Blazars是一类具有相对论喷流的活动星系核(AGN)，其非热辐射在不同时间尺度上变化极大。这种变化似乎大部分是随机的，尽管在blazars和其他AGN中已报道过一些暗示系统过程的准周期振荡(QPOs)。时间尺度为天或小时的QPO在AGN中特别罕见，其性质备受争议，这可用射流中发射螺旋运动等子体、等子体不稳定性或吸积盘中的轨道运动来解释。

课题组报道了蝎虎座BL(BL Lac)在2020年一次剧烈爆发期间的强光学和 γ 射线通量监测结果。BL Lac是blazars亚类的原型，由一个椭圆星系(距离=313兆秒差距)中的一个 $1.7 \times 10^8 M_{\odot}$ 黑洞提供能量。研究组的观测结果显示，在爆发的最高状态下，光通量、线偏振和 γ 射线通量的QPOs周期短至约13h。

在距随明显超光速特征沿射流向下移动的黑洞约5秒差距(pc)的再准直冲击附近，QPO的特性与流驱动的扭结不稳定性预期相符。这种扭结在微波基线阵列(VLBA)图像中很明显。

核聚变是碳依赖能源最具吸引力的替代品之一。然而，尽管磁约束方法已经历了多年研究和稳步进展，但在大型反应堆中驾驭核聚变产生的能量仍面临许多科学挑战。目前最先进的磁聚变装置尚不能实现可持续的聚变性能，这需要超过1亿开尔文的高温和对不稳定性的充分控制，以确保在数十秒量级上的稳态运行。

研究组报道了在韩国超导托卡马克先进研究装置上进行的实验，产生了满足上述大多数要求的等离子体聚变机制：由于大量快离子稳定了核心等子体湍流，它们在1亿开尔文的高温下产生等子体，并持续了20秒，且没有等子体边缘不稳定或杂质累积。

低等子体密度与适当的操作输入功率相结合是通过保持高比例快离子来建立该机制的关键。这种机制很少受到干扰，即使没有精密控制也能稳定维持，因此代表了一条走向商业聚变反应堆的希望之路。

相关论文信息:

<https://www.nature.com/articles/s41586-022-05008-1>

(未玖译)

(上接第1版)

事实上，在嫦娥五号返回前，核地研院结合院科研优势和基础，系统规划并提出了开展嫦娥五号月球样品的科研计划，并确定了“嫦娥五号月球样品核能元素研究”方向，目标是开展自主月球裂变、聚变资源基础地质研究，为月球演化和月球资源评价提供重要基础数据。

“月球上最重要的一个资源就是氦-3，它是未来核聚变反应的理想原料，被称为未来的清洁能源、完美能源。有科学家估算，如果有100万吨的氦-3，就能为地球提供1万年的能源支撑。然而，它在地球上极为稀缺。”核地研院科技部主任、第一批月球样品责任人黄志新说。

目前，科研人员研究的核聚变反应大多基于氘氘反应，其反应时会产生放射性物质，若用氦-3参与反应，则不会产生核辐射，且可以释放更多能量。

那么月球中氦-3的含量究竟有多少?如何提取?

核地研院经系统研究和测量，首次准确获得嫦娥五号月壤中氦-3含量及最佳提取参数。值得一提的是，团队成功开展了氦-3提取实验，准确获取了氦-3释放的最佳温度曲线。

黄志新说，这些是我国自主测量的可靠数据，为我国后续月球氦-3资源的遥感预测和资源总量估算，以及氦-3资源的未来开发和经济评价提供了基础科学数据。

开启探月研究新篇章

科研团队全面研究了嫦娥五号月壤颗粒的形貌特征，获得了嫦娥五号月壤颗粒的典型形貌特征，为研究月壤形成提供了科学依据。通过对数十万个月壤颗粒进行系统研究，他们获得了嫦娥五号月壤的矿物组成，为研究月球演化和形成提供了有力支撑。

“系列成果的取得，是我国核科技实现自立自强的重要体现，但成果来之不易，过程非常曲折。”核地研院副院长陈亮表示。

月球样品珍贵稀少，必须用好每一个颗粒，确保极低的样品损失量，这考验着科研人员的耐心和技能。

李婷回忆，最难的是挑选月球样品，由于不允许引入外来“污染”，只能靠针尖和颗粒之间摩擦产生的一点静电吸附住样品。他们经常用针尖推着样品在玻璃片上来回跑，就是取不起来，每每这时既绝望又崩溃，但也只能深呼吸，稳住崩溃的情绪和僵硬的肩膀一遍遍尝试。

“这些颗粒中，小的不足头发直径的1/100，大的也只是一根头发粗细，跟它们死磕了两个多月，终于完成了挑选任务，实验计划如期完成。”李婷说。

称重也需非常精确。黄志新介绍，分取使用的天平是百万级天平，可以精确到0.001毫克。

“最困难的是要准确称取数份0.1毫克样品，举个例子，一颗绿豆大约600毫克，相当于我们需要取1/6000颗绿豆，手稍稍抖一下就超量了。每个空样品槽称三遍，放入样品后再称三遍，以确保称量准确。”黄志新说。

星空浩瀚无穷，探月研究开启新篇章。“这是一条相当漫长而曲折的道路，无论经费、时间、精力，所有的投入都必然是有限的，而唯一无限的是科学家的好奇心。”李婷说。

据了解，2020年12月17日，嫦娥五号携带1731克月球样品返回地球。国家航天局已完成四批152份共计53625.7毫克的月球样品发放，有33家科研单位的98位申请人通过申请。第五批月球样品正在评审，后续按程序发放。

中科院、教育部、自然资源部、中核集团等多家单位获批准承担月球样品研究工作，国外科学家、留学生也参加了联合研究。目前已在岩浆分异、太空风化、氦-3气体以及生物能转化等方面取得最新成果，给月球起源与演化、探寻月球资源的有效利用以及实现“零能耗”的地外环境和生命支持系统带来重要启示。

中国人从月球「挖」来「嫦娥石」