

首个“半莫比乌斯”分子震惊化学家

不寻常形状带来奇异物理特性

本报在3月5日发表于《科学》的研究中，科学家合成了一种具有前所未有扭曲特性的碳基分子，称之为“半莫比乌斯”分子。这种分子的特殊之处在于构成环的原子链仅扭转了90度，而非完整的180度。

“90度很有趣，因为它既可以向左扭转，也可以向右扭转。”论文作者、英国曼彻斯特大学的 Igor Roncic 说，这两种扭转方式与化学家所说的“手性”有所不同——这意味着，就像左手和右手手套一样，它们与自身的镜像存在显著差异。

要制作一个普通的莫比乌斯带，需要将一条带子扭转180度，然后把两端连接在一起。它是以18世纪德国数学家莫比乌斯的名字命名的，后者首先描述了莫比乌斯带的性质。

莫比乌斯带是一种具有一个连续表面的扭曲环，一直激励着化学家创造新的分子结

构。比如，2003年，德国基尔大学的 Rainer Herges 团队合成了第一个“莫比乌斯”分子。

在这项研究中，来自美国 IBM 公司、曼彻斯特大学、瑞士苏黎世联邦理工学院等机构的研究团队创造了一个由13个碳原子组成的“半莫比乌斯”环。环的两端各有一个碳原子与一个氯原子结合，而剩下的11个碳原子则直接与相邻的碳原子连接。每个碳原子都有两个电子，其轨道呈环状，垂直于环向外突出。

这些环状结构与它们的邻居形成了额外的键，即化学家所说的共轭结构。在这种结构中，电子被链中的许多原子共享。各种类型的共轭结构形成了苯等芳烃分子及石墨烯等二维材料的一些特殊性质。

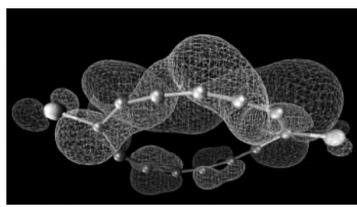
形成莫比乌斯带的带状结构的横截面通常是直线，而这项研究的两个环状轨道交叉形成了一个“+”形状。这意味着它们可以在连

接前扭转90度，形成具有新的几何特性的形状或拓扑结构的分子。

研究团队发现，在分子的半莫比乌斯态中，扭转使原子能共享电子，即每个轨道都填充偶数个电子。作者认为，这使得这种分子比未扭转的分子更稳定。实验表明，分子可以切换到这种能量更高的未扭转状态，然后再放松回到可能存在的左旋或右旋状态。

“这是一项了不起的成就。”丹麦哥本哈根大学的 Gemma Solomon 说，“共轭分子的替代拓扑结构能否开辟新的应用领域，比如对磁场的额外灵敏度等，还有待观察。”

“据我所知，这是首个此类分子。”Herges 表示，“半莫比乌斯”分子不同寻常的几何结构可能会影响电子在内部的移动方式，从而导致“不同寻常的磁性和自旋依赖效应”。他说，这种分子有可能成为一种由大量粒子集体行为



化学家合成了第一个“半莫比乌斯”结构的碳基分子。

图片来源: IBM 研究院、曼彻斯特大学

产生的状态，即准粒子的系统。这种状态通常出现在固体材料而非分子中。

(徐锐)

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.aea3321>

俄研究机构训练人工智能识别早期乳腺癌

据新华社电 俄罗斯研究机构近日训练出一种能够快速识别计算机断层扫描(CT)影像的人工智能，可以协助医生诊断早期乳腺癌。

据塔斯社报道，俄罗斯圣彼得堡国立电子技术大学与阿尔马佐夫国家医学研究中心共同开发了一款医疗诊断辅助软件系统，其核心是神经网络这种人工智能技术。经过训练的神经网络能够自动处理上传至服务器的患者CT影像，标记出具有肿瘤特征的区域。标记后的影像会被发送给医生，由医生作出最终诊断。

研究人员表示，过去解读一张CT影像通常需要一天，而这项技术的影像分析过程仅需几分钟，还可将临床误诊的概率降低约20%。

研究人员援引俄罗斯卫生部国家放射医学研究中心的数据表示，俄罗斯每年有4000至7000人因乳腺癌死亡，较高的死亡率与疾病发现较晚相关。因此，这项新技术有望帮助降低乳腺癌死亡率。

(陈畅)

把“青苹果”变成“金苹果”，他们做对了什么？

(上接第1版)

王立平团队的研究是针对深海、远海、极地等工程装备的安全长寿防护需求，提供系统的材料解决方案和关键技术支撑。他们研发的仿生柔性减阻材料，可让大型油轮单船年减减排超900吨；研发的耐高压抗渗透长效防护材料，完成全球首次万米深海验证；多项成果为核电站、海上风电、深远海工程等国重器和重大工程提供支撑。

仅2025年，研究团队就在两个领域实现了从实验室到成果转化的突破——建成国内首条年产120万片多功能一体化隔热材料示范线，通过材料创新与工艺革新，将单片成本降低67%，交付合格率稳定在95.7%以上；牵头建成国内首个极地材料损伤原位观测平台，其破冰涂层已在“雪龙2”号上完成实船验证，表现优异，有力支撑国家极地战略实施。

如何跨越常见的从实验室到产业化的“死亡之谷”？王立平直言，从实验室基础研究到产业化落地，绝非简单的“技术平移”，而是打通创新链、产业链、价值链的系统工程，是一个“基础突破—中试熟化—工程验证—示范引领—规模落地”的螺旋上升过程，每一步都面临技术、工艺、场景适配等多重难题。

王立平分享道，为推进海洋防护材料产业化，研究团队牵头构建了覆盖东海、南海、极地的13个跨海原位试验站，并把验证平台建在工程一线。他多次带队奔赴各试验站与示范工程现场，实地采集材料服役数据。如今，他们已累计收集关键数据超8000万条，并搭建起“物联网+数据+人工智能”服役评价平台，实现海洋材料服役寿命的精准评估，有效破解了传统验证周期长、数据碎片化的难题。

作为研究机构的“掌舵人”，王立平时常思考如何打通科技与产业之间的链条。他总结了3条经验：以高价值知识产权为牵引，让成果“值得转”；以多元化合作为路径，让成果“转得快”；以组织机制为保障，让成果“转得好”。

“成果转化不是单一主体的‘独角戏’，也不是所企双方的‘二重奏’，而是政产学研服用多方协同、同频共振的‘大合唱’。”王立平表示，这需要统筹推进有组织科研、转化、知识产权保护，打通从研发攻关、中试放大到产业化应用的完整闭环。同时，持续强化技术经理人、知识产权专员专业化队伍能力建设，完善价值评估、许可转让、风险防控等制度体系，让成果转化有路径、有保障、有成效。

谈及新材料领域高精尖人才现状，王立平表示，我国科技人才总量全球领先，但仍存在结构性紧缺、一流领军人才不足的问题。“宁波材料所已集聚海外高层次人才500余人、国家级领军人才和青年人才120余人次，但35岁以下独当一面的领军人才和工程化人才缺口仍较大。”他说。

王立平表示，宁波材料所正在以“国家战略需求+前沿赛道+产业落地”为牵引，构建“引育用留”全链条机制，精准对接产业真需求，让人才在解决实际问题上成长。同时，研究所还破除“一把尺子量到底”的评价体系，对基础研究和工程技术人才分类评价，允许人才“暂时沉寂”。“人才有舞台、有奔头、有保障，才能既有用武之地，又有成长活力。”王立平说。



运动过量当心适得其反。

图片来源: Lucy Nicholson

科学此刻

超级马拉松可能有害血液

运动对健康和长寿很重要，但超级马拉松可能会加速血液细胞的老化。在山地跑170公里的运动员比跑短距离的人有更多的红细胞损伤。近日，相关研究成果发表于《红细胞与铁》。

长跑此前就被认为与一些健康问题有关，例如免疫系统暂时抑制和贫血。但直到现在，人们才开始了解长跑对负责在体内运输氧气的红细胞的影响，尤其是在山区进行跑步时。

美国科罗拉多大学的 Angelo D'Alessandro 及同事分析了11名平均年龄36岁的成年人在参加40公里越野赛前数小时的血液样本。他们还对比了另外12名年龄相仿、参加170公里越野超级马拉松的选手进行了同样的测试。

研究人员发现，参加任何一项比赛似乎都会导致选手的红细胞积累更多的活性氧分子损伤。当红细胞需要向全身输送更多氧气时，便会产生更多的活性氧。

随着红细胞老化，这种损伤会自然积累，而超级马拉松运动员的损伤程度明显

要高得多。“乍一看，超级马拉松跑者比赛后的血液就像刚被车撞过的人一样。”

D'Alessandro 说，“红细胞会积累损伤，变得更加衰老。”

参加超级马拉松，而非短距离比赛，似乎也会使运动员的红细胞更快地从圆盘状变为球形，这通常在人们年老时才会发生。圆盘状的红细胞能够弯曲并挤过脾脏中的

微小血管，而衰老的红细胞正是在那里被清除的。

“而这种球形红细胞意味着会滞留在脾脏中，并被免疫细胞吞噬。”团队成员、科罗拉多大学的 Travis Nemkov 说。这种损伤可能是由于运动加剧了炎症反应，尤其是剧烈运动会更有力地推动红细胞在体内循环。

此外，只有超级马拉松运动员的红细胞数量在赛后下降了约10%，但这未必会对他们的健康造成影响。Nemkov 表示，这种变化幅度很小，不会导致贫血，而且身体可能很快恢复过来。

研究人员目前正在研究超级马拉松选手赛后第二天的红细胞情况，以便更好地了解这些影响会持续多久。他们还希望未来的研究能够考察这些变化是否会影响跑者的表现。“这可能只是让身体增强耐力跑适应能力的损伤信号，但也可能会产生负面影响。”Nemkov 说。

(王铄)

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.brci.2026.100055>

大鼠接触杀菌剂，影响健康20代

本报在3月5日发表于《科学》的一项迄今最长的哺乳动物表观遗传变化研究显示，大鼠接触杀菌剂后，基因表达的改变至少可延续20代，还会增加后代患肾病、肥胖症或分娩并发症的风险。这项近日发表于美国《国家科学院院刊》的研究，为人们在环境中接触到的各类化学品敲响警钟。

越来越多的证据表明，接触化学品能够引发不改变生物体DNA的遗传变化。这类对DNA化学标记的修饰发生在生殖细胞中，并会传递给后代。但目前多数研究仅聚焦于直接暴露的几代，而非后续的世代。

美国华盛顿州立大学的 Michael Skinner 团队观察了初代大鼠接触杀菌剂乙炔菌核利对后续20代产生的影响。研究发现，与第12代及更早世代的大鼠，或未接触杀菌剂的大鼠相比，有祖先接触史的大鼠的精子死亡率更高，分娩问题也显著增多，包括母体与幼崽死亡等风险。

澳大利亚墨尔本大学的 Anthony Hannan 称，这一结果“令人震惊”。但他补充说，该结论对人类的影响尚不明确，仍需更多研究才能确定人类是否会受到祖先所处的特定环境的影响。

过去25年间，乙炔菌核利作为粮食作物杀菌剂，使用量已有所下降，澳大利亚、欧盟

等已禁止使用。但澳大利亚悉尼科技大学的 Razia Zakarya 认为，社会应更加重视允许释放到环境中的各类化学品的潜在风险。

Skinner 团队于2017年启动该实验。他们给怀孕大鼠注射乙炔菌核利与二甲亚砜(DMSO)溶剂，随后与未暴露的大鼠连续繁育23代。Skinner 称，这在人类时间尺度上至少相当于500年。研究将初代孕鼠、子代与孙代划为直接接触组，后续20代祖先接触组；对照组则注射DMSO并连续繁育4代。

团队利用新一代测序技术，识别了大鼠基因组的甲基化差异区域，即DNA上甲基的添加情况。结果显示，相较于对照组，有祖先接触史的后续多代大鼠的甲基化差异区域更多。这表明表观遗传改变可跨多代持续存在。

研究人员对大鼠肾脏、前列腺、睾丸与卵巢进行检查后发现，这些器官的病变率随世代递增。例如，在初代接触药剂后的第20代，父系遗传的11只大鼠均出现卵巢异常。实验组大鼠的肥胖、肾病等病症也更为严重。团队认为，DNA甲基化的异常改变干扰了器官的正常发育与功能。

研究还发现，有祖先接触史的雌鼠，以及与此类雄鼠交配的未接触雌鼠的分娩异常率更高，包括母体难产死亡、幼崽宫内死亡等。在后续世代中，20%至70%的分娩以失败告



祖先曾接触杀菌剂的大鼠会出现健康问题。图片来源: Kseniia Glazkova/Alamy

终。研究人员表示，高发的分娩异常可能与DNA甲基化影响精子质量及胚胎发育有关。而繁殖成功率差异较大则提示，除乙炔菌核利接触外，遗传等其他因素也可能影响生育能力。

澳大利亚科廷大学的张贵成(音)指出，要确认这类影响是否对人类也是如此，需要开展流行病学研究，将祖先的化学品接触史与后代健康结果关联起来，并将特定表观遗传改变与人类疾病挂钩。

(李木子)

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1073/pnas.2523071123>

“小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

【自然】

成年、衰老和阿尔茨海默病的人类海马神经发生

美国伊利诺伊大学芝加哥分校的 Only Lazarov 团队研究了成年、衰老和阿尔茨海默病过程中的人类海马神经发生。近日，相关研究成果发表于《自然》。

人类海马神经发生是否存在一直有争议，其在认知功能中的作用尚不明确。近期研究证实了增殖性祖细胞和未成熟神经元的存在，并发现阿尔茨海默病患者的未成熟神经元数量减少。然而，人们对这些细胞的起源以及调控神经发生和功能的分子网络仍知之甚少。

研究人员分析了来自不同人群死后的海马组织，分别是记忆力完好的青年人、认知功能正常的老年人、记忆力超群的老年人、处于临床前中间病理阶段的成年人以及阿尔茨海默病患者。研究团队使用多组单细胞测序技术，分析了从海马体样本中分离的355997个细胞核的特征，并鉴定了神经干细胞、神经母细胞和未成熟颗粒神经元。神经发生失调在很大程度上与染色质可及性的改变有关。

对区分各组的转录因子和靶基因特征的分析显示，临床前阿尔茨海默病患者神经发生细胞的染色质可及性在早期发生了改变，这种变化在阿尔茨海默病患者的样本中更为明显。研究团队在记忆力超群的老年人中发现了一种独特的神经发生特征，这可能反映了一种“弹性特征”。最后，星形胶质细胞和CA1神经元的改变控制着衰老海马的认知功能。

这项研究揭示了海马体的多组分子特征，该特征能够区分认知韧性和衰老过程中的认知衰退。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10169-4>

【高能物理杂志】

洛伦兹光锥理论中的卡罗尔推论

法国国家科学研究中心的 Sucheta Majumdar 团队研究了洛伦兹光锥理论中的卡罗尔推论。近日，相关研究成果发表于《高能物理杂志》。

研究团队利用零约化方法，从闵可夫斯基时空中的洛伦兹光锥作用量推导出卡罗尔场论。通过适当形变光锥作用量，将庞加莱不变性约化为巴格曼子群，从而在低一维空间中同时得到磁卡罗尔作用和电卡罗尔作用。通过正则分析表明，这些形变后的巴格曼不变作用量不存在洛伦兹光锥理论中常见的第二类约束。

研究团队分别针对具有和不具有规范对称性的理论演示了该方法。值得注意的是，磁卡罗尔部分可直接从原始洛伦兹作用量导出，而形变对于获得电卡罗尔扇区至关重要。进一步论证表明，d维空间中的磁卡罗尔解构成(d+1)维母体洛伦兹理论的一致截断，从而有效描述了零超曲面附近的光锥动力学。对于规范理论，研究团队还重点介绍了光锥规范条件在推导卡罗尔理论中的作用。

相关论文信息：

[https://doi.org/10.1007/JHEP02\(2026\)258](https://doi.org/10.1007/JHEP02(2026)258)

【物理评论A】

多体量子相干和相关动力学的涨落定理

意大利国家研究委员会国家光学研究所的 Hai-Long Shi 团队研究了多体量子相干和相关动力学的涨落定理。近日，相关研究成果发表于《物理评论A》。

涨落定理为非平衡动力学建立了精确关系，极大推动了随机热力学领域的发展。研究团队将量子涨落定理与传统热力学框架拓展到量子多体信息动力学领域，其中系统与环境均为多体系统，且无需任何热力学约束。基于两点测量方案和经典概率论，研究团队建立了经典多体互信息动力学的涨落定理。通过引入准概率概念，推导出多体相干性和量子关联的量子涨落定理，并以积分形式和详细形式予以呈现。他们使用三量子比特实例对理论结果进行说明和验证，并提出了可行的实验验证方案。

这些发现揭示了非平衡量子信息动力学背后的统计结构，为推进量子技术发展提供了基础性认知与新型研究工具。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1103/sgmk-bdly>

【地质学】

始新世早期全球变暖事件中的韧性热带海洋生态系统

荷兰乌得勒支大学的 Appy Sluijs 团队研究了始新世早期全球变暖事件中的韧性热带海洋生态系统。近日，相关研究成果发表于《地质学》。

古新世—始新世极热事件(PETM, 距今5600万年)期间的生物响应已有充分记录，但关于其他强度较低的始新世早期瞬态全球变暖事件(超高温事件)的信息却十分匮乏。

研究团队分析了东热带大西洋地区6个后PETM极热期(距今5370万年至5200万年)的沟鞭藻组合。值得注意的是，研究人员未观察到与这些超高温事件相关的组合变化，这与PETM期间真核生物的灭绝以及同一地点始新世气候适宜期(距今约4000万年)长期变暖期间的有害藻华形成了鲜明对比。然而，该研究结果与热带太平洋地区某些幅度较低的极热事件中钙质超微浮游生物组合表现出韧性的观测现象相吻合。研究得出结论，热带早始新世浮游植物群落对数千年尺度、最高约1.5摄氏度的变暖具有韧性。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1130/G54281.1>

更多内容详见科学网小柯机器人频道：
<http://paper.sciencenet.cn/Alnews/>