

“小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

《自然》

土卫六可能没有地下海洋

美国加州理工学院的 Flavio Petricca 团队发现，土卫六强烈的潮汐耗散使地下海洋无法存在。相关研究成果近日发表于《自然》。

美国国家航空航天局(NASA)的卡西尼号探测任务为了解土星最大的卫星——土卫六，提供了从大气层到深层的前所未有的视角。该卫星对土星潮汐作用的显著响应曾被解释为存在地下海洋的证据。然而，这一响应值是预测值的两倍，其完整机制至今未得到充分解释。

研究团队运用改进技术重新分析了卡西尼号获得的无线电测量数据，探测到土卫六重力场中的潮汐耗散特征，发现该特征与存在海洋的假设并不相符。研究结果表明，其内部正在耗散大量能量，与近期对土卫六自转状态的研究结果一致。由于液态层的存在会减弱其下方产生的潮汐耗散，这些新测量数据排除了土卫六存在地下海洋的可能性，并可通过一个模型对此进行合理解释。该模型中的耗散集中于接近熔点的冰层高压区域。

此外，上述模型还能自然地复现观测到的土卫六自转状态和静态重力场。高效的冰壳对流可以阻止冰层大范围融化和海洋的形成，但高压冰层处于半融雪状符合理论预期，表明该层可能存在液态水囊。即将开展的 NASA 蜻蜓号土卫六探测任务将为验证是否存在地下海洋提供证据。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09818-x>

《地质学》

自生黏土形成埃迪卡拉特殊化石

美国耶鲁大学的 Boriana Kalderon-Asael 团队报道了自生黏土形成的埃迪卡拉特殊化石。相关研究成果近日发表于《地质学》。

埃迪卡拉生物群是地球上最早由复杂宏观生物构成的化石生态系统，对于了解前寒武纪与早古生代动物多样性辐射之间的过渡阶段具有关键意义。该生物群的大部分特异埋藏均以独特的埃迪卡拉式三维铸模形态异常完好地保存在砂岩中。然而，这些软躯体生物化石化的原因，尤其是它们在成分未成熟的砂岩与异粒岩层中的保存机制仍存在争议。

研究团队通过调查加拿大纽芬兰与西北部经典埃迪卡拉生物群化石组合，探讨了黏土矿物在促进埃迪卡拉式化石保存中的埋藏学意义。结合电子显微镜、X 射线衍射、主微量元素及锂同位素分析，研究人员发现了这些化石的伴生碎屑性黏土矿物与早期成岩黏土矿物的证据。值得关注的是，研究团队记录到富含铁镁的黏土矿物，这可能反映了自成岩前驱矿物，如硼镁铁矿的存在。该矿物在其他类型的特异埋藏中发挥着关键作用。

锂同位素数据进一步证实了碎屑性黏土与海相自生黏土在塑造这些化石铸模保存中的重要性。这些研究结果为理解埃迪卡拉式化石记录的潜在形成机制提供了更广阔的视角，表明自生黏土矿化作用可能塑造了新元古代—古生代过渡期多个特异埋藏窗口的形成条件。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1130/G53967.1>

锂同位素揭示极热期化学风化机制

瑞士日内瓦大学的 Sébastien Castelltort 团队利用锂同位素揭示了古新世—始新世极热事件(PETM)时期热最大值。相关研究成果近日发表于《地质学》。

硅酸盐风化通过吸收大气二氧化碳调控地球长期气候。理解风化机制与速率的变化是预测气候响应时间尺度的关键。

研究团队针对 PETM 时期，通过测量墨西哥湾深沉积岩芯中碎屑锂同位素组成以追踪黏土矿物形成变化，并结合锂同位素数据约束沉积物来源，探究了北美“源—汇”系统的反应性及化学风化机制。

研究发现，在 PETM 主体阶段存在一个缓冲的锂同位素组分，可能反映了来自大陆洪泛区的新生成黏土与再改造黏土的混合；随后在气候恢复期出现更显著的锂同位素组分。这一模式与美国怀俄明州大陆性比格霍恩盆地的锂同位素组分记录吻合，表明增强的风化与侵蚀通量对 PETM 事件做出快速响应，进而促进了大气二氧化碳的高效消耗。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1130/G53708.1>

《物理评论 A》

局部退相干下 Floquet 码的相位

美国加利福尼亚大学圣芭芭拉分校的包艺沐(音)团队研究了局部退相干下 Floquet 码的相位。相关研究成果近日发表于《物理评论 A》。

Floquet 码是一种具有周期性演化逻辑空间的动态量子存储器。其核心特征在于，该编码每个周期后会呈现任意子自同构，从而引发每个逻辑态的非平凡演化。

研究团队分析了局部退相干与完美测量条件下的 Floquet 码，并证明在低于退相干阈值时，该编码处于以任意子自同构为特征的鲁棒性相位中。他们首先推导了二维 Floquet 码在局部退相干下最大似然译码器对应的三维统计力学模型，并识别出一类特殊的双量子比特泡利信道。在该信道作用下，三维统计力学模型可解耦为二维模型，并获得了此类退相干通道的阈值。随后，研究团队提出了一种在局域退相干存在时检测任意子自同构的方法。理论分析表明，该方法能有效区分重复综合征测量下的 Floquet 码和环面码，并在阈值处经历相变。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1103/sylh-bb3w>

更多内容详见科学网小柯机器人频道：

<http://paper.science.net.cn/Alnews/>

全球顶尖人才很少是神童

儿时的天赋无法指导后来的成功

本报讯 一项调查显示，国际象棋大师、奥运会金牌得主和诺贝尔奖得主很少是神童。同样，童年的卓越表现和高强度的训练也很少能引领人们在成人的世界里取得最高成就。12月18日，相关研究成果发表于《科学》。

这项基于 19 项研究、涉及近 3.5 万名优秀人才的分析表明，绝大多数在各自专业领域处于全球顶尖水平的成年人都是在参与各种活动的过程中成长起来的，并逐渐发展出最精湛的技能。

德国凯泽斯劳滕工业大学的 Arne GÜLICH 表示，这项研究结果与普遍的认知——要达到国际顶尖水平，必须在童年时期接受密集且高度集中的训练相悖。“大多数世界级的高手早期并不那么出色，这意味着早期的卓越表现并不是长期处于世界级水平的先决条件。”

大量研究将儿童在音乐、体育等特定领域的训练强度与其青少年时期的表现联系起来。但针对世界级成年运动员的研究却呈现相反的趋势。例如，82% 的国际级青少年运动员未能成为国际级成年运动员，而 72% 的国际级成年运动员在青少年时期并未达到国际水平。

一些名人的成长背景也表明，童年与成年的关系并不像看起来那样紧密。例如，虽然创作家莫扎特、高尔夫球手泰格·伍兹、国际象棋选手多马吉乌·古克什和数学家陶哲轩都是神童，但作曲家贝多芬、篮球运动员迈克尔·乔丹、国际象棋选手维斯瓦纳坦·阿南德和科学家查尔斯·达尔文却并非如此。

GÜLICH 和同事回顾了对奥运选手、科学领域诺贝尔奖得主、世界排名前十的国际象棋选手、最负盛名的古典音乐作曲家及其他领域国际领军人物的人生历程的分析。

在不同的专业领域中，早期的高成就者与后来的世界级水平者在很大程度上是不同的人。事实上，在那些成年后表现出色的人中，只有约 10% 在未成年时表现也出色，而在未成年时表现出色的人中，大约只有 10% 在成年后取得了卓越成就。

团队还将研究结果与 66 项关于年轻选手和“次精英”选手训练历史的数据进行了比较，这些运动员在地方赛事或青少年赛事中取得佳绩，但成年后未必能达到世界级水平。他们发现，表现优秀的年轻人的特征，如早期的专业

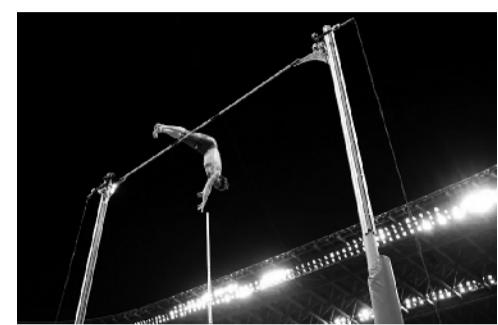
化、快速的进步和大量的专项训练，在世界级的成年选手中基本是不存在的，甚至呈相反趋势。

这可能是因为早期在各种活动中获得了更广泛经验的孩子，最终会发展出更灵活的学习技能，并找到最适合自己的活动。GÜLICH 说：“本质上，他们找到了最适合的学科，并为未来的长期学习增加了资本。”

此外，在童年和青少年时期减少高强度的训练安排，可能有助于防止倦怠和伤病，后者会影响长期职业生涯。

美国犹他州立大学的 David Feldon 指出，这项研究明确区分了早期成功与长期精英表现，填补了一个一直存在的研究空白。他认为当前仍普遍存在鼓励孩子专注于学习和练习某项技能的倾向。“这确实能培养专业知识并迅速获得收益。”他说，“但我不知道这对人一生的发展是否真的有帮助。”

Feldon 认为，这项研究对从事儿童技能培养工作的人来说具有重要意义。“这不仅关乎培养顶尖专业能力，更在于以一种健康和富有成效的方式实现这一目标，从而在更广泛的层面上促进人的全面发展，而不是非常狭隘地仅追求结果。”



获奖运动员在发展技能方面可能是大器晚成的。
图片来源：Michael Steele

GÜLICH 补充道，那些旨在识别并加速培养早期天才的项目，可能会因此错失许多未来的顶尖人才，它们同时更偏向于那些实现短期成功而非长期卓越的培养路径。“根据最新证据，我们现在知道，鼓励年轻人在多年内至少学习一门，甚至两门其他学科，也许会更有前景。”

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1126/science.adt7790>

■ 科学此刻 ■

全球变暖可能引发冰河时代



全球变暖引发的海洋过程会掩埋大量的碳，使地球进入冰河时代。

图片来源：Shutterstock

如果持续变暖，地球会经历什么？一项日前发表于《科学》的研究指出，随着气候变暖，富含养分的径流会使浮游生物大量繁殖，将大量碳埋藏在海洋中。在低氧条件下，这一过程可能失控，使地球进入冰河时代。

几十年来，科学家一直认为地球气候由岩石风化驱动的一个缓慢自然过程所调节。该机制被视为一种稳定的力量，可防止温度大幅偏移。在该过程中，雨水从大气中吸收二氧化碳(CO_2)，当水与岩石，尤其是花岗岩等硅酸盐岩石相互作用时，后者会逐渐分解。溶解的物质和被捕获的 CO_2 会一起进入海洋，在那里，碳酸进一步与岩石释放的钙结合，形成贝壳和石灰岩礁。这些物质沉积在海底，将碳固定数亿年，并使大气中的 CO_2 含量逐渐减少。

“随着地球变冷，岩石风化加快，从而吸收了更多 CO_2 ，使地球再次冷却。”论文作者、美国加利福尼亚大学河滨分校的 Andy Ridgwell 说。

然而，地质记录却讲述了一个更为戏剧性的故事。有证据表明，在地球最早的冰河时期，冰雪几乎覆盖了整个地球。研究人员认为，这种冻结程度无法仅用一个依靠自我微调的气候系统来解释。

这一认识促使团队寻找一种打破气候平衡并促使它走向极端的额外过程。

该研究揭示了碳在海洋中的埋藏方式。随着温度升高与大气 CO_2 增加，降雨将更多养分(如磷)带入海洋。这些营养物质会刺激浮游生物生长。

它们能够通过光合作用吸收 CO_2 。浮游生物死亡后会沉入海底，带走捕获的碳。这一过程能够从大气中移除碳，并储存在海洋沉积物中。

但在温暖条件下，这一系统会发生变化。浮游生物的增加会降低海洋中的氧气水平。氧气减少时，磷更容易被重新释放回水中。这种磷循环进一步促进浮游生物生长，其腐烂后会进一步消耗氧气，并维持养分循环。随着这个循环的持续，大量碳被埋藏，全球气温开始下降。

这种反馈并不会温和地稳定地球温度，计算机模拟显示，这种效应强烈到足以引发冰河时代。Ridgwell 将这一过程比作制冷系统的过劳。“夏天时，恒温器设定在 26°C 左右。当白天室外气温上升时，空调会带走室内多余的热量，直到室温降至 26°C，然后停止工作。”Ridgwell 解释，地球的气候控制并没有失效。相反，它可能会反应不均匀，就像恒温器离空调太远一样。

研究指出，地球古代大气中氧气含量较低，导致气候控制不稳定。这有助于解释为何早期冰河时代几乎“统治”了整个地球。

如今，大气中的氧气含量要高得多。随着人类活动持续增加大气 CO_2 ，地球在短期内会持续变暖。模型表明，最终会出现降温反弹。然而，未来的降温可能不会那么极端，因为更高的氧气水平会削弱海洋中营养物质反馈的强度。

“就像是把恒温器放得更靠近空调。” Ridgwell 补充道，即便如此，这种影响可能足以导致下一个冰河时代提前到来。

“归根结底，我们现在需要专注于如何限制地球持续变暖。无论地球最终会以多么不稳定的方式冷却下来，都不会快到允许我们在有生之年摆脱全球变暖困境。”Ridgwell 说。(赵婉婷)

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1126/science.adh7730>

皮肤和内脏用不同方式感受寒冷

本报讯 一项近日发表于《生理学报》的研究发现，人体不同部位对冷的感知存在差异。皮肤主要通过一个名为 TRPM8 的离子通道感知低温；而在体内，诸如肺和胃等器官，主要依靠一个名为 TRPA1 的分子感受器感知温度变化。这解释了为何体表和体内感受到的寒冷大不相同。

“皮肤配备了专门的传感器，使我们能够察觉环境的寒冷并做出防御性反应。相比之下，体内的寒冷感知似乎依赖不同的感觉回路和分子受体，反映了其在内部调节和对环境刺激的反应中更深层次的生理作用。”论文作者、西班牙神经科学研究所(IN)的 Félix Viana 说。

人体并非以单一、统一的方式感知寒冷。每个人都知道寒风吹过皮肤的冷感和吸入冰冷空

气或吞咽冷饮的感觉截然不同。这是因为每种组织类型都会激活自己的生物途径来感知温度变化。

为了揭示这些差异，研究人员在动物模型上研究了负责探测寒冷的感觉神经元。他们重点关注了两条主要的神经通路：一条是三叉神经，负责从皮肤和头部表面传递感觉信息；另一条是迷走神经，这是大脑与肺和消化系统等内脏器官之间的重要通信途径。

研究团队利用钙成像和电生理记录实时观察了神经活动，研究了这些神经中的神经元对温度变化的反应。他们还使用了能选择性阻断某些分子传感器的药物，从而确定了每种神经元中哪些离子通道是活跃的。

“我们从更复杂和细致入微的视角揭示了不同组织的感觉系统如何编码热信息。”论文第一作者 Katharina Gers-Barlag 说，这为研究人体如何维持体温平衡提供了新见解，并有助于揭示某些冷敏感性相关疾病的发病机制。(徐锐)

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1111/apha.70111>

■ 科学快讯

(选自 Science 杂志, 2025 年 12 月 18 日出版)

病菌动员细胞壁糖类机制获揭示

植物细胞壁碳水化合物储备丰富，然而病原体如何利用这些资源尚不明确。

研究人员发现，柑橘溃疡病菌(Xcc)通过 III型效应蛋白 PthA4 劫持果实成熟途径，激活成熟调控因子 CsLOB1，从而动员细胞壁糖类。CsLOB1 诱导约 100 个基因表达，其中许多编码参与细胞壁降解的酶。在非结果物种本氏烟草中，CsLOB1 同样能促进黄单胞菌生长，表明其功能并非严格依赖果实成熟程序。

转录组学及报告基因实验显示，PthA4 依赖性地激活了 Xcc 的木聚糖 CUT 系统。该过程由宿主来源的木糖触发，并涉及一种 II 型分泌的木聚糖酶。因此，PthA4 驱动的细胞壁重塑激活了细菌对木聚糖的利用，建立起一个 III型 - II 型效应蛋白的正反馈循环，从而驱动 Xcc 的增殖。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1126/science.adz9239>

信号传导增强导致女性肠道更敏感

内脏疼痛障碍，如肠易激综合征等，在女性中的发病率较高。肠道上皮中的肠壁铬细胞(EC 细胞)与黏膜感觉神经纤维之间的信号传导增强可能是导致这种性别差异的原因之一。

研究人员鉴定出一条雌激素应答的旁分泌通路，其中两种肠内分泌细胞——表达肽 YY (PYY) 的 L 细胞和 EC 细胞，通过相互作用增强女性的肠道敏感性。

研究发现，雌激素信号上调结肠 L 细胞中细胞代谢物短链脂肪酸受体 Olf78 的表达，从而增加 PYY 释放及其对乙酰胆碱的敏感性。升高的 PYY 通过作用于附近 EC 细胞的 NPY1R 受体，进一步增强血清素释放和肠道疼痛。

研究人员指出，激素波动与内部或环境因素共同放大了这一局部雌激素应答的结肠回路，最终导致女性适应不良的肠道高敏感性。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1126/science.adz1398>

研究发现小鼠和人类肿瘤功能性干细胞标志物

癌干细胞是一类具有自我更新能力、能够驱动肿瘤长期生长的细胞群体。在胃癌中，癌干细胞的群体特征尚未明确。研究人员鉴定了由水通道蛋白 aquaporin-5 (AQ5) 标记的胃癌干细胞群体。该细胞群存在于人类和小鼠的幽门部肿瘤中。

利用多种类器官模型和小鼠模型，研究人员发现 AQ5 阳性癌症干细胞对肿瘤发生和进展具有关键作用，并证明 AQ5