

## “小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

## 【免疫学】

## 细菌性抗肿瘤免疫治疗中有益与有害作用的细胞机制

美国加州大学伯克利分校的 Michel DuPage 团队揭示了细菌性抗肿瘤免疫治疗中有益与有害作用的细胞机制。相关研究近日发表于《免疫学》。

研究人员使用了一种不表达肿瘤抗原的减毒单核细胞增生李斯特菌(Lm), 研究接受静脉注射、肿瘤内注射或联合注射方式给予 Lm 后荷瘤小鼠的免疫反应。令人意外的是, 仅通过肿瘤内注射 Lm 的方式就会招募中性粒细胞进入肿瘤微环境。这些中性粒细胞具有免疫抑制作用, 同时为 Lm 提供了一个细胞内长期驻留的储存库, 并最终促进肿瘤生长。

相比之下, 先进行静脉注射 Lm 可诱导产生抗 Lm 的细胞毒性 CD8<sup>+</sup>T 细胞。当随后进行肿瘤内注射 Lm 时, 这些 CD8<sup>+</sup>T 细胞会浸润到肿瘤部位。Lm 特异性的 CD8<sup>+</sup>T 细胞通过诱导癌细胞凋亡、抑制癌细胞增殖, 增强肿瘤抗原向肿瘤特异性 T 细胞的交叉呈递 3 种机制控制肿瘤生长。因此, 针对被 Lm 定植肿瘤的抗 Lm CD8<sup>+</sup>T 细胞免疫应答可以有效控制癌症发展。

这项研究揭示了一种新的癌症免疫治疗范式, 即利用系统性 CD8<sup>+</sup>T 细胞免疫反应靶向肿瘤内注射的细菌, 从而实现有效的抗肿瘤免疫。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1016/j.immuni.2025.05.001>

## 【自然—神经科学】

## 脑脊液实现大分子和液体分流的途径

法国巴黎城市大学的 Antoine Drieu 团队揭示了脑脊液可以通过小脑膜动-静脉重叠的途径实现大分子和液体分流。6月9日, 相关论文发表于《自然—神经科学》。

脑脊液流动对于传递脑源性大分子信号物质及其从脑实质中排出至关重要。目前脑淋巴通路是学界研究得最清楚的脑脊液流动通路, 然而该通路并不允许较大分子量的物质通过。

研究人员在小鼠中发现了一种替代性通路, 向脑脊液内注射的大分子可以从动脉周围空间穿越至静脉周围空间。这一过程发生在分布于软脑膜表面的软脑膜血管周围(动脉)重叠区域。结果表明, 注入脑脊液的荧光示踪剂可以通过这些动脉周围的血管间隙到达静脉周围空间。这种结构在淀粉样变性小鼠模型中仍可以保持功能, 并且对于清除多余的脑脊液十分重要。这些解剖结构可能通过促进脑源性大分子排出、分流多余液体以及协助新生成脑脊液的免疫监视, 从而支持大脑的正常功能。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41593-025-01977-4>

## 【自然—物理学】

## 科学家揭示精度不受热力学第二定律限制

奥地利维也纳技术大学的 Marcus Huber 团队揭示了精度不受热力学第二定律的限制。相关研究近日发表于《自然—物理学》。

处于非平衡状态的物理装置会受到热涨落的影响, 限制了操作的精确性。这一问题在微观和量子尺度上尤为显著。在这些尺度上, 缓解热涨落的影响通常需要额外的能耗。理解这种限制对于基础物理学研究和工程技术设计都具有重要意义。尽管在许多经典和量子模型中, 精度与能耗之间呈现线性关系, 但关于这种关系的最终界限仍不清楚。

研究提出了一种自主运行的量子多体时钟模型, 实现了时钟精度随熵耗散呈指数增长的效果。这一突破得益于在一个具有定制耦合的自旋链中实现的相干输运, 其中熵耗散被限制在单个连接处。研究结果表明, 相干性的量子动力学机制可以超越传统的热力学精度极限。这为未来开发高精度、低耗散的量子器件提供了新思路和指导方向。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41567-025-02929-2>更多内容详见科学网小柯机器人频道:  
<http://paper.sciencenet.cn/Inews/>

## 脑机接口首次让患者有感情地说话唱歌

## 可实时将思想转化为语言

本报讯 一名患有严重语言障碍的男子, 借助大脑植入装置, 能够富有表现力地说话和歌唱。该装置可以将他的神经活动转化为话语, 不仅能实现语调变化, 强调他选择的单词, 还能让他以 3 个音调唱一串音符。

该系统被称为脑机接口(BCI), 使用人工智能解码参与者说话时的脑电活动。该装置是第一个不仅能再现一个人的意图, 还能复制自然语言特征的 BCI。而音调、音高、重音等自然语言特征有助于表达意思和情感。

在另一项研究中, 一种模仿参与者声音的合成声音, 在他的神经活动发出说话意图信号的 10 毫秒内就说出了他的话。这项 6 月 11 日发表于《自然》的研究成果标志着对早期 BCI 的重大改进。早期 BCI 通常在 3 秒内输出语音, 或者仅在用户模拟完整句子后才能生成语音。

“这是语音 BCI 领域的圣杯。”荷兰马斯特里赫特大学的 Christian Herff 说, “这是真实、自发、连续的讲话。”

这项研究的参与者是一名 45 岁男子, 在患上一种运动神经疾病——肌萎缩侧索硬化症后, 失去了清晰说话的能力。这种疾病会损害控制肌肉运动的神经, 包括说话所需的神经。虽然他还能发音和说话, 但说得很慢, 也不清楚。

在症状出现 5 年后, 这名男子接受了手术, 在控制运动的大脑区域插入 256 个硅电极, 每个长 1.5 毫米。论文作者之一、美国加利福尼亚大学戴维斯分校的 Maitreyee Wairagar 和同事训练了深度学习算法, 能够每 10 毫秒捕捉一次大脑中的信号。团队的系统实时解码了该男子试图发出的声音, 而不是他想要表达的具体词语或基本音素——构成单词的语音亚单位。

“我们并不总是用语言表达想法。我们还有感叹词, 以及一些词汇表里没有的富有表现力的发音。为了实现这一点, 我们采用了这种完全不受限制的方法。”Wairagar 解释说。

该团队还通过训练人工智能算法, 根据病人术前录制的采访录音, 将合成声音个性化, 使其

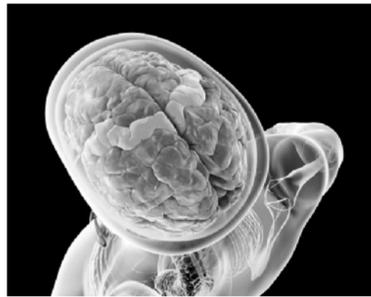
听起来像病人自己的声音。

研究人员要求参与者尝试发出“啊”“哦”“嗯”之类的感叹词, 并说出虚构的单词。BCI 成功产生了这些声音, 表明它可以在不需要固定词汇的情况下生成语音。

使用这款 BCI, 这名男子可以拼写单词、回答开放式问题, 并使用解码器训练数据库之外的一些单词说出想说的话。他告诉研究人员, 听到合成声音说话让他“感到高兴”, 感觉就像他的“真实声音”。

在其他实验中, BCI 能够识别出参与者是想把一个句子说成疑问句还是陈述句。该装置还能判断他在一句话中想强调哪些词语, 并相应调整合成声音的语调。“我们正在引入人类语言中所有这些重要的元素。”Wairagar 说, 以前的 BCI 只能产生单调的语音。

瑞士日内瓦大学的 Silvia Marchesotti 说, 该装置的功能“对于患者的日常使用至关重要”。“从某种意义上说, 这是一种范式转变, 可以真



植入运动皮层的电极有助于记录和语言相关的大脑活动。图片来源:Kateryna Kon

正带来一种现实生活中的工具。”(文乐乐) 相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09127-3>

## ■ 科学此刻 ■

## 女孩数学

## 何时开始落后

一项针对法国学龄儿童的大型研究发现, “数学性别差距”出现在上学的第一年。刚入学的男孩和女孩的数学成绩相似, 但 4 个月后, 男孩开始领先于女孩; 12 个月后, 男女数学成绩出现了更大差距。相关论文 6 月 11 日发表于《自然》。

“该研究表明, 儿童数学成绩的性别差距不是天生或不可避免的。如果不想女孩落后, 就需要关注她们在学校的早期经历。”英国剑桥大学的 Jillian Lauer 说。

在世界各地, 十几岁男孩的数学测试表现优于女孩, 而男性更有可能从事与数学相关的职业。

为了解上述差距的原因, 法国巴黎西岱大学、巴黎萨克雷大学及法国原子能委员会的研究人员进行了探索。研究涵盖了 4 个群体, 即 2018 年、2019 年、2020 年或 2021 年在法国一年级的所有儿童。这相当于近 300 万名 5 至 7 岁的儿童。他们在全法国证实了这一发现——数学性别差距出现在所有人群、社会经济群体、地区和学校类型中。

研究人员利用大数据分析发现, 是正规教育的开始, 而不是年龄引发了这种差距。法国儿童通常在 6 岁那年的 9 月开始上学。2018 年入学的法国所有儿童的测试结果折线图显示, 在一年级开始时, 男孩和女孩的平均水平



从上学开始, 女孩和男孩对数字、逻辑的掌握慢慢显出差距。

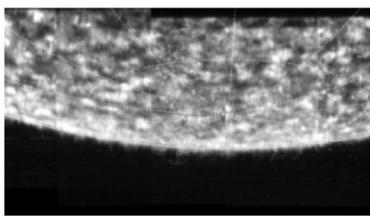
图片来源:Lea Suzuki/Getty

相似, 最高和最低百分位数的男孩略多; 在二年级开始时, 性别差距变大。研究人员指出, 这表明是儿童上学后所处的环境, 而不是兴趣或能力方面的先天差异引发了数学性别差距。此外, 婴幼儿则不分男女, 对数字和逻辑的掌握情况非常相似。

该研究就如何解决上述问题提出了许多建议, 包括为儿童提供支持, 以减少他们对数学的焦虑; 鼓励女孩和男孩一样在课堂上互动; 在课堂外培养儿童对数学的好奇心和解决问题的能力等。

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09126-4>

## 人类首次看到太阳南极



航天器首次拍摄到的太阳南极区域图像。图片来源:ESA、NASA

本报讯 近日, 欧洲空间局与美国宇航局联合开展的“太阳轨道飞行器”任务, 首次进入一个倾斜轨道, 使航天器能够拍摄到罕见的太阳极地图像, 标志着人类第一次看到了太阳南极。拍摄太阳两极的照片非常有挑战性, 因

为航天器必须离开黄道面, 后者是围绕太阳的一个扁平面, 太阳系中大多数天体都在黄道面上运行。2020 年发射升空后, “太阳轨道飞行器”逐步调整轨道倾角, 目前已达到足够倾斜的角度, 可以瞥见此前从未见过的太阳极。

欧洲空间局现在发布了首批太阳南极图像。这些图像摄于 3 月份, 当时航天器在黄道面下方 15 度的轨道上运行, 现在已达到 17 度。这些图像及其他测量数据将有助于科学家改进对太阳活动的预测。

英国伦敦大学学院的 Lucie Green 参与了“太阳轨道飞行器”的开发工作。她表示: “第一次看到这些图像感觉非常特别, 那些曾经隐藏的区域如今向我们敞开了。”

此外, “太阳轨道飞行器”还测量了太阳南极的磁场和高能辐射数据, 这些数据已由欧洲空间局公布。Green 指出, 对太阳南极磁场的测量将帮

助人们更好地理解大约每 11 年出现一次、强度呈周期性变化的太阳活动周期。“为全面理解太阳作为一颗恒星的本质, 我们需要测量球体周围的磁场, 而极区磁场是其中非常重要的一部分。”

英国雷丁大学的 Mathew Owens 表示: “这听起来可能有些违反直觉, 但对于预报地球空间天气来说, 最关键的一个区域恰恰是我们从地球上最难观测的地方——太阳的极。”

“这些新图像是我们有史以来观测太阳南极最成功的一次。随着‘太阳轨道飞行器’任务的推进, 它将进一步提升轨道高度, 带来更清晰的极区视野。”Owens 补充说, 太阳活动最低点预计将在 3 到 4 年后到来, 因此掌握极地的磁场结构对于空间天气预报尤为关键。

此外, “太阳轨道飞行器”还捕捉到太阳北极的图像, 目前相关数据仍在传回地球的过程中。(蒲雅杰)

## “双碳”目标背后的科技大脑

(上接第 1 版)

此外, 项目组还按照 2060 年实现碳中和的目标倒推, 将接下来的 40 年划分为控碳阶段、减碳阶段、低碳阶段和中和阶段 4 个发展阶段。

## “经得起历史的检验”

框架搭好之后, 上百位院士专家凭借专业所长, 各自负责或参与相应的专题研究任务。

刘中民及其团队负责研究的是“能源消费领域的技术需求清单”, 为的是找出一条面向碳中和目标的能源技术发展路线。

“我们要分析对比上千种技术路线, 选择合理的技术方向, 最终形成系统的技术路线图。”在刘中民看来, 做战略研究的最大难点正在于此。“社会各界积极性很高, 提出很多技术路线, 有些是近期的, 有些是长远的, 很多技术之间甚至是互相矛盾的。既要立足现实, 又要兼顾长远; 既要减排效果, 又要经济可行; 既要考虑技术的成熟

度, 又要为未来技术和颠覆性技术留出空间。变数很多, 但是减排的根本目的是为了更好发展, 这是硬道理。技术大方向是不能搞错的, 观点一旦提出就要经得起历史的检验。”

幸而, 此前刘中民团队在做中国科学院 A 类战略性先导科技专项“变革性清洁能源关键技术示范”项目时, 就认识到战略研究的必要性, 并专门在大连化物所成立了能源战略研究中心。“得益于该中心积累的大量数据基础, 我才敢承担这项任务。我一个人是没有这么大力量的, 还是要靠团队的积累和研究。”刘中民说。

刘中民团队在能源战略研究中心搭建起智能化模型, 很快找到“最快的、最切合实际的‘坐标’”, 厘清技术发展的优先顺序。

“以化石能源为主的能源生产和消费过程排放了大量二氧化碳, 主要集中在火电、钢铁、化工、有色金属、水泥等工业领域以及交通、建筑等行业。要实现能源生产和消费的低碳化, 一方面需要采用非碳能源替代化石能源发电, 并应用于

能源消费端各领域和行业; 另一方面要推动各行业内在的技术变革及产业结构升级, 从技术原理上设计不排放二氧化碳的新工艺流程, 才能达到大幅度减排目标。这是一项涉及能源革命、工业革命和科技革命的极其复杂的系统性工作, 同时需要加强顶层设计, 考虑多能融合、多行业联动的载体(如储能、氢能)和关键技术节点等诸多问题。”刘中民说。

最终, 刘中民团队与中国科学院过程工程研究所、中国科学院电工研究所等团队合作, 给出了“能源消费领域的技术需求清单”, 不仅提出工业、交通、建筑部门若干拟重点发展的先进低碳技术, 还凝练出需要解决的关键科技问题, 以及实现能源消费端低碳化的策略及技术发展路线。

在“碳中和”咨询项目中, 和刘中民团队一样以“经得起历史的检验”为目标参与研究的团队有很多。例如, 来自中国科学院电工研究所等单位的院士专家, 从风光热发电技术、稳定电源、多能互补、电网基础设施等多方面入手, 给出“新型

电力供应系统的技术需求清单”。

来自中国科学院青藏高原研究所、中国科学院植物研究所、中国科学院地理科学与资源研究所、中国科学院武汉岩土力学研究所等单位的院士专家, 探索生态固碳、碳捕集、封存与利用等主要负排放技术, 并给出“固碳领域的技术需求清单”。

来自北京理工大学、中国科学院科技战略咨询研究院等单位的院士专家和中国科学院全院政策研究与战略情报研究力量, 对碳排放的历史趋势与现状进行国际对比, 并对我国碳排放的来源进行行业层面的比较。

“及时地、实事求是地为国家提供战略咨询建议是中国科学院学部的最重要责任。在‘碳中和’咨询项目中, 我们完成了碳达峰碳中和的系统化设计, 交出了科技界的答卷, 让碳达峰碳中和目标的实现能够更有举措、有内容、有步骤, 做得更实。”张涛说。

完成“碳中和”咨询项目后, 科学家的工作仍

在继续。2022 年 3 月 2 日, 中国科学院发布“科技支撑碳达峰碳中和战略行动计划”(以下简称“行动计划”), 面向碳达峰碳中和的战略重大科技需求, 具体部署实施了 18 项重点任务。曾经因为战略咨询任务集结到一起的各个研究团队, 又回到各自实验室, 为满足战略重大科技需求大力攻关。

“我们希望通过‘行动计划’的实施, 实现‘四个一’, 即拿出一张技术路线图, 解决碳达峰碳中和的实现路径问题; 提出一批新概念理论, 解决降碳固碳的原理问题; 突破一批新技术, 解决减排增汇的工艺和装备问题; 算好一本收支账, 解决碳源碳汇的监测核算问题。”

面向未来, 张涛信心满满, “相较于发达国家, 中国正在用二三十年的时间去完成发达国家用了 100 年才完成的事。中国是一个负责任的大国, 我们正在扎扎实实、分步实施、稳妥有序推进碳达峰碳中和, 为全球应对气候变化注入强劲动力。”

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1073/pnas.2410496122>