



听《中国科学报》



《中国科学报》官微



科学网 App



科学网官微

本报讯(记者孙丹宁)近日,中国科学院院士、中国科学院大连化学物理研究所研究员张涛,研究员黄延强、刘伟及南方科技大学副教授王阳刚等合作,首次在原子尺度上观察到金属-载体界面溢流现象,并据此提出了金属-载体界面溢流的新机制。相关成果 4 月 15 日发表于《自然》。

溢流效应是多相催化反应的重要动态特征之一。通俗来说,就是催化剂中负载金属与载体之间会发生活性物质的扩散与迁移,这一过程直接影响催化反应的效率与结果。截至目前,科学家对催化剂表面的溢流行为已有深入认识,但关于负载型金属催化剂的体相,特别是金属-载体界面是否存在类似的溢流过程,以及如何影响催化反应仍是未解之谜。

研究团队聚焦于高性能负载型 Ru(钌)基催化剂的研发,利用原子分辨透射电镜,从原子尺度原位解

析了 Ru/rutile-TiO₂(金红石型二氧化钛)中 Ru 单颗粒的氧化机制,并首次在该过程中观测到体相溢流,证实了载体中的晶格氧以空位介导的方式通过界面运输至金属颗粒。

与此同时,团队建立了皮米精度原子应变矢量分析方法,高分辨定量解析了氧溢流的行为,并追踪到界面持续氧运输所引发的载体局域晶格动态应变,进而揭示了金属-载体界面对体相溢流的调控作用,阐明了界面结构适配是体相氧溢流通道畅通的保障。这种机制被证实广泛存在于氧化物相低晶格失配度的金属-载体界面催化体系,并在催化反应中发挥关键作用。

该研究基于显微可视化证据,发现了金属-载体三维体相参与催化过程的新机制,并揭示了界面结构对反应活性物质迁移的关键影响,为多相催化界面结构设计及动态反应特征提供了新的理论认识。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10324-x>

一针“修复”输血人生

■本报记者 冯丽妃 实习生 胡彬雅

对于广西某高校大四学生小军(化名)来说,生命是靠输血维系的。1 岁时,小军被确诊为 β-地中海贫血(以下简称地贫)。这种遗传性血液疾病让他从幼年起便踏上了一条漫长的“输血之路”。即便如此,很多严重的地贫患者,生命在 30 岁左右就凋零了。

2023 年 10 月,小军自愿接受了一项基因编辑临床试验药物治疗。一针静脉注射后,至今约两年半的时间里,他的血红蛋白稳定在正常水平,彻底告别了输血依赖。

“他以前根本没去运动。现在我们经常周末去爬山,连续爬三四个小时都没问题。”电话那头,小军的姑姑在接受《中国科学报》采访时,语气中满是欣慰。

回想起治疗场景,上海科技大学(以下简称上科大)生命科学与技术学院教授、基因编辑中心主任陈佳记忆犹新:“出院时患者和家属抱着我哭,感谢我把他们全家都救了。”

拯救小军的是中国科学家自主研发的“基因修正笔”——一项融合基因编辑与干细胞技术的原创疗法。这项由上科大、复旦大学、正序(上海)生物科技有限公司(以下简称正序生物)与广西医科大学第一附属医院、上海临床研究中心联合完成的研究,近日发表于《自然》,为全球输血依赖型地贫患者点亮了“一针治愈”的希望。

“化刀为笔”

自 2009 年从中国科学院上海生命科学研究院博士毕业,前往美国国立卫生研究院从事博士后研究起,陈佳便涉足基因编辑技术,亲历了这一领域的技术变革。

“传统基因编辑技术 CRISPR-Cas9 如同一把‘分子剪刀’,通过切断 DNA 双链实现基因修饰。”陈佳比喻说,但这一方式存在明显短板:用在造血干细胞上,易造成细胞死亡、染色体重排或移位,甚至存在诱发白血病的潜在风险,极大限制了临床应用。

为破解这一难题,陈佳在 2014 年回国后带领团队开发出变形式碱基编辑器(cBE)。“简单说就是‘化刀为笔’,无需切断 DNA 双链,而是像一支修正



陈佳(左二)与学生在实验室讨论。

笔,在基因序列上改错,实现定点碱基转换。”他解释道,这种方式在根源上规避了 DNA 双链断裂带来的细胞毒性与染色体异常,安全性显著提升。

自 2019 年起,cBE 已先后获得中国、美国、日本、俄罗斯等国家和地区专利授权,是我国首个获得海外授权的底层碱基编辑技术。

如何让这支“修正笔”真正落地治病?陈佳的思路是从罕见病到常见病、从体外编辑到体内递送。“罕见病多为单基因遗传病,发病机制明确,根治手段稀缺,是基因编辑技术实现临床突破的理想适应症。而体外编辑可严格控制条件,降低脱靶与体内不确定性,更适合技术初期转化。”他向《中国科学报》解释。

地贫恰好同时满足这两个条件。对输血依赖型地贫患者而言,终身输血是维持生命的必要手段,却面临血源紧张、铁过载、感染风险等一系列难题。造血干细胞移植是目前被认为唯一可行的根治手段,却受限于供体短缺、配型困难、排斥风险与高昂费用等问题。

医学上,成年男性正常血红蛋白参考值为 120-160 克/升,女性为 110-150 克/升。“地贫患者血红蛋白低于 90 克/升时会出现明显乏力、心悸,基本无法走路,这时就需要输血。”陈佳介绍,“但现实是血源紧张,很多人血红蛋白跌到 70 克/升才能等到血源,那时基本只能卧床,勉强维持生命。”

小军就是在这样的煎熬中成长的。“小时候一个月输一两次,长大后血掉得更快,一个月三四次。血源太紧张,

经常得等。”姑姑回忆说。

直到 2019 年,从广西医科大学第一附属医院传来基因编辑疗法临床试验的消息,这个被病痛折磨多年的家庭终于看到一丝曙光。

孵化“中国药”

尽管希望让技术造福患者,但陈佳最初并未想过创业。

了解到 cBE 技术有着良好的落地前景,上科大技术转移办公室(OTT)的工作人员多次找陈佳沟通,鼓励他创业,并表示学校愿意提供孵化支持。

“上科大非常重视成果转化。我们还在做基础研究时,OTT 的老师就给我们上创业课,还请专业律师教我们如何申请专利,并邀请知名投资机构来交流。”陈佳说,“我很受鼓舞,决心闯一次。”

2020 年,陈佳联合复旦大学教授杨力、武汉大学教授殷昊、上科大教授杨贝三位好友一起创业,成立了正序生物,通过“实验室-企业”无缝衔接推动技术转化。

简单来说,让基因编辑技术真正救治地贫患者,需要 3 个关键步骤。首先,给患者注射动员剂,将骨髓造血干细胞动员至外周血并分离提取;其次,用 cBE 对干细胞进行精准“修正”;最后,通过化疗药物“清除”,清除患者体内异常造血系统,让“修正”后的健康干细胞“归巢”,重建正常造血功能,让血红蛋白恢复正常表达。

整个过程中,最核心的技术挑战是

研制高效安全的干细胞“基因修正笔”。为实现目标,研究团队接连闯关。

第一道关卡是能否实现“通用型”治疗。尽管地贫是单基因遗传病,但一个基因有上千个碱基(字母),全球已发现超 350 种地贫相关碱基突变。针对每个突变逐一开发药物成本极高,且费时费力,并不现实。

对此,陈佳另辟蹊径,选择激活人体天然存在的“备用造血系统”——胎儿血红蛋白。“胎儿血红蛋白在胎儿期负责携带氧气,1 岁左右逐渐沉默。地贫患者的成人血红蛋白基因缺陷,但胎儿血红蛋白基因完好。”陈佳解释说,通过 cBE 编辑重新开启这一系统,可代偿存在缺陷的成人血红蛋白功能,理论上能够实现对所有突变类型的通用型治疗。

第二道关卡是技术上的“绝对安全”。为排除脱靶风险,陈佳与杨力、殷昊、杨贝团队合作,并通过全基因组、全转录组测序全面验证,确保编辑器只在靶向位点工作,在其他区域保持“锁定”,实现近乎零脱靶。

2023 年对陈佳与合作者来说是极富成效的一年。他们找到了控制胎儿血红蛋白表达的基因开关区域,并实现精准基因编辑,使相关技术落地向前推进了一大步。同时,团队正式联合广西医科大学第一附属医院教授赖永榕团队启动临床试验。10 月,首位患者入组治疗。

临床结果不断验证着他们的预期:单次治疗后 16 天,患者摆脱输血依赖;3 个月后,血红蛋白浓度上升并稳定在超过 120 克/升,接近健康人水平;目前,所有接受治疗的地贫患者都已摆脱输血依赖超过 1 年,首位患者已持续脱离输血超过 28 个月。

作为接受治疗的患者之一,小军说:“我精神状态比以前好多了,对未来的顾虑也减轻许多。”

从“向死而生”到生存健康

这支干细胞“基因修正笔”被陈佳和合作者命名为 CS-101。CS 是正序生物的英文缩写,意为“正确序列”;101 代表该公司开发的第一款药物。

(下转第 2 版)

轻舟试验飞船首批科学与工程试验成果正式发布

本报讯(见习记者江庆龄)4 月 15 日,中国科学院微小卫星创新研究院自主研发的轻舟试验飞船(白象号)正式发布首批科学与工程试验成果。

轻舟试验飞船于 3 月 30 日搭载火箭二号遥一运载火箭成功发射入轨,整船重量 4.2 吨,搭载了 1 吨科学试验载荷,具备 3 年在轨飞行能力。目前,飞船已顺利完成飞行测试,成功主动抬轨至 600 千米轨道,正式转入长期运行段,有序开展飞行平台关键技术验证、稳定性与拓展试验任务测试。

本次试飞主要围绕以下 3 个方面展开。

轻舟试验飞船实现多项平台关键技术突破。飞船采用新技术新工艺设计

的密封段、推进系统、激光 IMU、热控环控系统等产品,开展大惯量航天器自主抵近与安全撤离、长期驻留能力、分布式综合船务、可扩展容量的能源系统等核心设计,在保障系统可靠性的同时降低研发成本,为轻舟货运飞船正式飞行提供技术、研制及发射流程验证支撑,助力技术快速迭代升级。

低成本设计与探索成效显著,开辟航天降本增效新路径。能源方面,可折叠超柔性单晶硅太阳能电池在轨表现稳定,成本仅为传统电池的 1/10;通信领域,新体制空通信模块性能优异,可实现 450 千米以上数据传输;3D 打印技术及新材料等应用,有效降低成本、缩短制造周期,充

分验证了低成本组件的在轨适用性与可靠性。

多星释放与在轨服务等拓展任务圆满完成。4 月 2 日、3 日,轻舟试验飞船先后成功释放两颗搭载小卫星,并与新研制的 01 星开展了远距离抵近与安全撤离试验,验证了多体变构姿耦耦合控制技术的实用性。其通用化搭载平台实现载荷“即插即用”,目前已完成 6 项新技术载荷试验,主动隔振、金属在轨制造等多项试验取得良好成果,填补多项关键技术空白。

未来,轻舟货运飞船将持续迭代优化,全力构建天地货物运输可靠桥梁,推动我国商业航天高质量发展,助力人类探索宇宙迈向更远方。



轻舟试验飞船(白象号)。中国科学院微小卫星创新研究院供图

美报告称 AI 相关论文爆发式增长



本报讯 美国斯坦福大学 4 月 14 日发布的《2026 年人工智能(AI)指数报告》显示,2010 年至 2025 年间,生命科学、物理学与地球科学领域提及 AI 的论文数量增长近 30 倍。

据《自然》报道,这一数据直观反映出科研人员接纳 AI 的速度之快。“科研人员已经真正进入了 AI 时代。”报告负责人、美国南加州大学的 Yolanda Gil 表示,报告指出,各自然科学领域提及 AI 的论文比例在 6%至 9%之间。2025 年,

超 8 万篇学术论文、预印本及其他类型成果提及 AI,较 2024 年增长 26%。其中,物理学相关 AI 论文数量最多(3.3 万篇),地球科学提及 AI 的论文占比最高(9%)。

美国普林斯顿大学的 Arvind Narayanan 认为,AI 相关科研论文激增“并不意外”,但尚不清楚 AI 的广泛应用对科研是否真正有价值。“在我看来,这一趋势发展过快,科研规范尚未及时适配,导致研究质量大幅下滑。”

除了 AI 相关科研论文爆发式增长,报告还罗列了多款全新发布的科学基础模型。这类 AI 模型经广泛训练可处理各类任务,同时基于特定科学领域的海量数据集进行专项训练。

报告显示,2025 年,包含大语言模型在内的通用基础模型,在专家级测试中的表现继续大幅提升。但这些顶尖 AI 模型仍会犯基础错误,比如读取指针式钟表时间的错误率高达 50%。

Gil 表示,积极的一面是,视频生成模型“开始学习真实物理世界的运行规律”。AI 领域长期以来一直期望模型能掌握支配世界的基本物理规则,比如重力对弹跳小球的影响。但 Narayanan 认为,“尽管取得了一些微小进展,但实现这一愿景仍遥不可及。”

不少研究者已开始依赖自主执行科研流程等操作的 AI 智能体,但报告对其实际表现持谨慎态度。报告称,AI 智能体仍难以可靠地完成多步骤科

研流程,表现最优的 AI 智能体得分仅为拥有博士学位的人类专家的一半。

“AI 智能体固然出色,但高效使用它们仍有很长的路要走。”Gil 说。Gil 称,目前尚无充足证据表明 AI 提升了科研人员的工作效率。“相关研究很有限,但科研人员‘已经离不开 AI 了。如果把 AI 从他们身边撤走,恐怕会引发混乱。”

科研人员使用 AI 工具已不限于数据分析,更逐步拓展至提出假设、开展科研探索更广泛的领域。AI 智能体的应用正是这一整体趋势的体现。这一发展固然令人振奋,但报告最终指出,目前“经实验证实的 AI 科研发现仍寥寥无几”。(王方)

马铃薯块茎蛾“闻味”定产卵宿主

本报讯(记者李晨)中国农业科学院植物保护研究所研究员高玉林团队与合作者,系统揭示了不同马铃薯品种挥发物差异如何通过特异性气味受体调控马铃薯块茎蛾的寄主选择行为,从分子水平阐明了马铃薯块茎蛾差异化识别寄主化学通信物质,为构建基于品种本身信息化学物质的“推-拉”绿色防控体系提供了分子靶标和理论基础。相关研究近日发表于《自然》(中国科学院院刊)。

研究团队在田间和室内条件下对 46 个马铃薯品种开展系统评价,发现不同品种在幼虫密度、产卵量和受害程度上存在显著差异。他们通过挥发物分析与行为测定,鉴定出多种具有明确行为活性的挥发性有机化合物:反式橙花叔醇和 β-紫罗兰酮对雌蛾具有引诱作用,而 3-萜烯和顺式己酸等则有驱避作用,对实现农业害虫绿色防控具有重要意义。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1073/pnas.2537754123>

我国最大规模科学智能计算集群投入使用

本报讯(记者赵广立)4 月 14 日,中科院曙光提供的 6 万卡科学智能(AI for Science, AI4S)计算集群系统,在位于郑州的国家超算互联网核心节点投入使用。据介绍,该系统是目前国内最大的 AI4S 计算集群,其超算融合全栈技术能力,可满足用户从集群性能、软件模型优化、科研应用效率到科学智能体开发的多维需求,为“人工智能(AI)+科学技术”在国内的规模化落地提供保障。

“该集群落地不仅是一次技术成果展示,更是我国 AI 技术与科研创新深度融合的里程碑。”中国科学院院士、河南省科学院院长徐红星表示。

中科院曙光高级副总裁李斌介绍,此次投入的 AI4S 计算集群具备六大特征。一是强大算力,实现 6 万卡集群部署,提供了顶级超算融合算力;二是全面精度,依托自主可控核心芯片,该集群可支持 8/16/32/64 位宽的全精度计算,能高效处理高维数据



4 月 15 日上午,由中国航空工业集团自主研发的 HH-200 航空商用无人运输系统,在航空工业民机试飞中心渭南运营基地圆满完成首飞,标志着我国在大型商用无人运输装备领域取得新进展。飞机各系统工作正常,飞行姿态平稳,整体状态良好,顺利完成预定飞行科目。

HH-200 采用方形直通机体、双发上翼、双尾撑设计布局,货舱标准容积 12 立方米,可扩展为 18 立方米,最大载重 1.5 吨,最大巡航速度 310 千米/时,最大航程 2360 千米。HH-200 将主要服务于我国沿海沿海及跨境支线货运、内陆点对点小件物流、东南亚跨岛货运及“一带一路”共建国家航空货运网络。

图片来源:视觉中国