中国科学报

CHINA SCIENCE DAILY

中国科学院主管　中国科学报社出版　国内统一连续出版物号 CN 11－0084　代号 1－82

扫二维码 看科学报　扫二维码 看科学网

主办：中国科学院　中国工程院　国家自然科学基金委员会　中国科学技术协会

总第 8635 期　2024 年 11 月 22 日　星期五　今日 4 版

新浪微博 http://weibo.com/kexuebao　科学网 www.sciencenet.cn

给 LED“体检”，这台仪器可“拍 CT”

■本报记者 王敏

白炽灯点亮了 20 世纪，发光二极管（LED）点亮了 21 世纪。LED 是业界公认的新一代显示与照明技术的核心器件。

中国科学技术大学（以下简称中国科大）教授樊逢佳与河南大学教授申怀彬合作，利用自主研发的“LED 拍片机”，破解了绿色磷化铟基量子点 LED 效率和寿命难题，并刷新多项世界纪录。这标志着我国在环保型量子点显示和照明技术领域取得重要突破。

11 月 21 日，相关研究成果发表于《自然》。审稿人评价称：“该研究选题重要且具有时效性，作者清晰阐明了量子点 LED 开发中的关键技术问题，尤其是电荷注入势垒、电荷分布及相关分析方法，并利用电激发瞬态吸收光技术深入解析磷化铟基量子点 LED 电荷浓度及结构优化问题，取得了定量且有价值的研究成果。”

研制首台电激发瞬态吸收光谱仪

LED 显示屏无处不在，LED 照明产业更是我国半导体行业的重要支柱。随着技术进步，一大批新兴显示和照明 LED，如量子点 LED、下一代有机 LED、微型 LED 崭露头角。

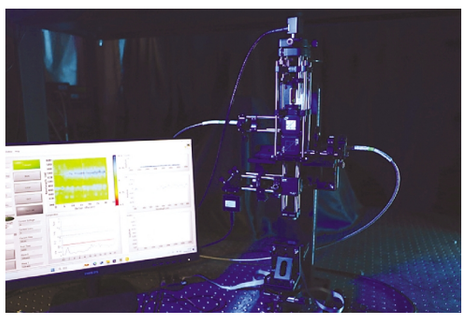
在国外做博士后研究时，樊逢佳便开始接触 LED。“我注意到国际上没有课题组专门研发新仪器，从实验角度验证新兴 LED 的内部机制问题，只有少量研究人员在做相关的理论计算。”

事实上，正是由于缺乏原位、直观的表征手段，LED 内部好像一个“黑匣子”，研究人员“看得不够清楚”，对其内部运行机制也理解得不充分。

2017 年 9 月，樊逢佳回国加入中国科大，开始组建团队专注研究量子点 LED 关键科学问题。经过两年技术攻关，他带领团队成功研发出世界首台电激发瞬态吸收光谱仪，并获得国家专利授权。

樊逢佳解释说，人骨折就医，得先拍片子才能诊断。这台仪器相当于为 LED“拍片子”的 CT 机，不仅能实时捕捉 LED 内部载流子的活动，还能清晰描绘其电场分布。借助这一“超级视野”，研究人员终于能对 LED 内部进行全面“体检”。

该仪器的科学原理就是把传统光激发瞬态吸收的“光激发、光探测”模式升级为“电激发、光探测”，从而实现对电子和电场的原位监测。



世界首台电激发瞬态吸收光谱仪。　代蕊 / 摄

利用该仪器，樊逢佳等人取得诸多研究成果，如揭示了影响量子点 LED 电流和电压效率的限制因素、探明了蓝光量子点 LED 的性能衰减机制、发现了“电激发”过程中新奇的物理现象。

“这项技术的突破，不仅为理解和优化 LED 性能提供了强大支持，还有助于发现物质新现象、研究物质新规律。”樊逢佳说。近年来，他们还发展了噪声抑制算法，将仪器灵敏度提高到十万分之一。

攻坚显示工业“皇冠上的明珠”

量子点是一种全新概念的半导体纳米晶体，表现出尺寸依赖的光学效应，即不同尺寸可以发出不同颜色的光，而且色纯度非常高。这一独特的光学性能使量子点成为最好的发光材料之一，被应用在量子点 LED 等显示领域。

樊逢佳介绍：“量子点 LED 分为有镉和无镉。无镉无铅量子点 LED 由于其环境友好优势，备受研究人员青睐，以磷化铟体系为代表的量子点 LED 则被誉为显示工业‘皇冠上的明珠’。”

2019 年、2020 年，韩国三星集团在《自然》连发两篇无镉量子点 LED 论文，展示了他们在红色和蓝色磷化铟基量子点 LED 器件中取得的进展，代表了当时国际上关于无镉量子点 LED 研究的最高水平。

然而，随后几年里，国际上关于绿色磷化铟基量子点 LED 的研究迟迟未有突破。绿色磷化铟基量子点 LED 的效率和寿命仍落后于红色和蓝色的磷化铟基量子点 LED，成为制约环境友好型全彩量子点 LED 产业化的关键。

在无镉无铅量子点 LED 中，为什么红色和蓝色器件表现优异，而绿色却始终难以突破？这成为显示领域的未解之谜。

申怀彬长期从事量子点 LED 的设计工作，是多项量子点 LED 性能世界纪录的保持者。自 2018 年与樊逢佳结识后，两人便成为亲密的合作伙伴，在科研上取得了一系列成果。

这次，他们再度携手，向量子点显示工业“皇冠上的明珠”——绿色环境友好型磷化铟基量子点 LED 发起攻坚。

新方案破解“水池难题”

研究团队通过“拍片机”的“诊断”，发现绿色磷化铟基量子点 LED 性能较低的主要原因在于两点——电子注入不足和电子泄漏严重。想象一下，本该流向“蓄水池”的电子，一边是“进水管”堵塞，一边是池底有“泄漏”，这就导致电子“蓄水池”无法装满。

为了解决难题，研究团队提出“低、宽势垒”的创新设计方案，对电子“蓄水池”进行全面升级。通过拓宽“进水管”，让更多电子顺畅流入量子点发光层，同时在池底加装防漏板，避免电子从中流失。

“优化后的绿色磷化铟基量子点 LED 不仅效率提高到 26.68%，亮度更是突破了 27 万坎德拉每平方米，器件发光寿命大幅延长到 1241 小时，刷新了多项世界纪录。”申怀彬说。

“这表明我国环保型量子点 LED 技术迈入了一个新阶段。”樊逢佳表示，下一步，团队将努力推动环保型量子点 LED 从实验室走向货架，将技术真正转化为产品，为市场带来高性能、环保的显示技术，同时推动绿色显示产业发展。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1038/s41586-024-08197-z

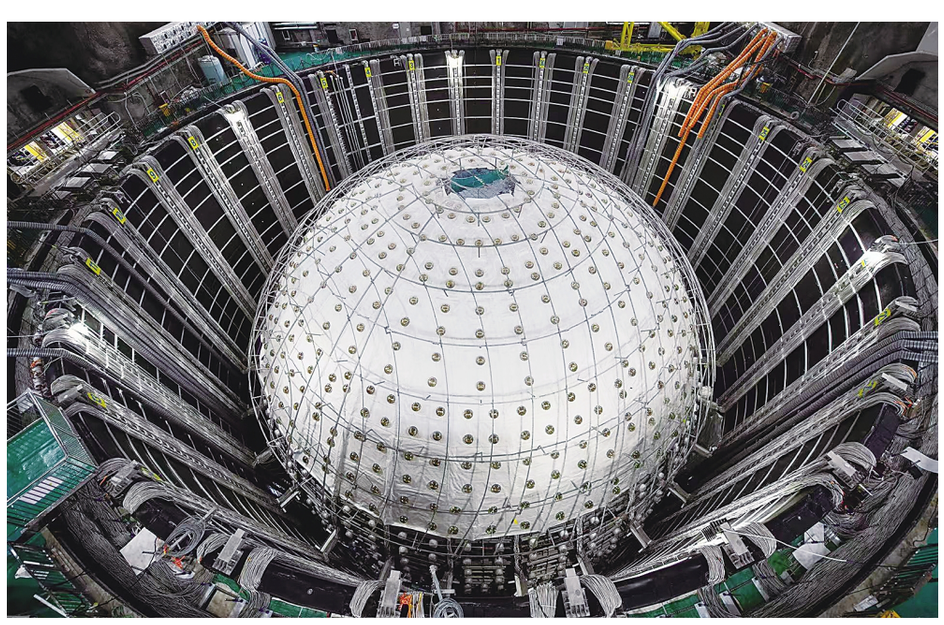
江门中微子实验探测器主体建成

本报讯（记者倪思洁）11 月 20 日，位于地下 700 米的江门中微子实验探测器主体建成。

2015 年开始建设的江门中微子实验室，位于广东江门开平市金鸡镇、赤水镇一带的打石山。此次建成的探测器主体被放置于地下 700 米硐室内的一个 44 米深的水池中，探测器由直径 41 米的不锈钢网壳、直径 35.4 米的有机玻璃球、4.5 万只光电倍增管等关键部件组成。

江门中微子实验的首要科学目标是解决国际中微子研究的核心问题——中微子质量顺序测量，并同步进行多项重大前沿交叉研究。根据设计，当中微子进入探测器内部，与液体闪烁体发生作用后会发出极其微弱的光，数万个光电倍增管可以将其捕捉，从而供科学家分析研究。

据悉，江门中微子实验探测器主体建成后，工程建设将进入灌装超纯水与液体闪烁体阶段。江门中微子实验将于 2025 年 8 月运行取数，预计运行约 30 年。



江门中微子实验探测器。　中国科学院高能物理研究所供图

全球甲烷泄漏警报响应率仅 1%

寰球眼

本报讯 如今探测甲烷排放的方法比以往任何时候都多。但根据《联合国气候变化框架公约》第二十九次缔约方大会（COP29）近日发布的一份报告，一些甲烷“超级排放者”在收到正大量泄漏这种强效温室气体的警报时，却很少采取行动。

“我们没有看到所需要的透明度和紧迫感。”联合国环境规划署国际甲烷排放观测站主任 Manfredi Caltagirone 说。该观测站最近启动了一个系统，可利用卫星数据向甲烷排放者发出泄漏警报。

甲烷是仅次于二氧化碳的第二大温室气体，越来越多的国家承诺削减甲烷排放，以避免全球变暖。去年，世界上许多大型石油和天然气公司也承诺“消除”其运营中的甲烷排放。

如今，越来越多的卫星探测到甲烷泄漏，最大的排放源包括石油和天然气基础设施、煤矿、垃圾填埋场以及农场。最近发射了甲烷传感卫星的美国环境保护基金会的 Mark Brownstein 说，这些数据对于追究排放者的责任至关重要，“但数据本身并不能解决问题”。

过去一年里，当从石油和天然气基础设施中发现足以从太空探测到的甲烷羽流时，联合国甲烷警报系统向有关政府和公司发出了 1225 次警报，但排放者只采取了 15 次行动来控制这些泄漏，响应率约为 1%。

Caltagirone 说，这可能有很多原因，排放者可能缺乏技术或财政资源，一些甲烷来源也可能难以切断，尽管石油和天然气基础设施的排放被普遍认为是最容易处理的。

其他原因可能是，排放者仍在适应新的警报系统。然而，其他甲烷监测机构也报告了同样的响应不足。多年来一直发布类似卫星警报的加拿大 GHGSat 公司的 Jean-Francois Gauthier 表示：“我们警报的响应率也不高，大约是 2%或 3%。”

不过，目前也有一些成功事例。例如，联合国今年向阿尔及利亚政府发出了几次警报，表示至少自 1999 年以来，该国一个甲烷源一直在持续泄漏，其全球变暖效应相当于 50 万辆汽车行驶了一年。到今年 10 月，卫星数据显示该泄漏已经消失。

但总体情况表明监测尚未转化为减排。美国斯坦福大学的 Rob Jackson 说：“仅仅显示甲烷羽流不足以引发行动。”他认为一个核心问题是，卫星很少透露泄漏管道或甲烷排放井的所有者，这使得问责变得困难。　（文乐乐）

中国省会城市科技创新跑出“加速度”

本报讯（记者冯丽妃）11 月 21 日，中关村论坛系列活动——科技创新中心与科研城市论坛在京举行。论坛上发布的最新《自然》增刊“2024 自然指数－科研城市”显示，中国城市尤其是省会城市，已极大增强了作为具有全球竞争力的科研中心的地位。其中，北京仍然是世界首屈一指的科研城市，并且自 2016 年以来一直居于榜首。

该增刊通过聚焦全球主要城市及都市圈 2023 年在自然指数追踪的期刊上的科研产出情况，探讨了当前全球科学发展趋势。统计显示，2023 年，全球十大科研城市依次为北京、上海、纽约都市圈、波士顿都市圈、南京、旧金山湾区、巴尔的摩－华盛顿、广州、武汉和东京都市圈。与 2022 年相同，中国有 5 个城市跻身全球前十，其中上海在 2023 年超越纽约，由第三位跃居第二位，南京和武汉的排名也都上升了 1 位。按照自然指数主要指标之一的份额衡量，北京在 2023 年的科研产出较 2022 年增长了近 9%。

值得关注的是，在自然指数 2022 年至 2023 年总体产出增长最快的城市中，中国城市也占据主导地位。增长最快的 10 个城市都来自中国，包括北京、武汉、杭州、南京、上海、长沙、广州、青岛、合肥和成都，其中 7 个城市均为省会城市，跑出了创新“加速度”。

同时，中国城市在自然指数追踪的大多数学科领域，都保持甚至扩大了领先地位。中国有 8 个城市跻身化学领域十强城市；各有 6 个城市跻身物理科学十强城市和地球与环境科学十强城市。北京在所有这些学科领域都位居榜首，但其他省会城市也强化了竞争力，如南京在化学领域位居第三；在物理科学领域首次超越波士顿和纽约，跃升至第三位；过去 4 年还在地球与环境科学领域一直保持第二位。

在生物科学领域，美国一直保持领先地位，纽约和波士顿继续占据榜首位置。但 2023 年的排名发生了重要变化——北京在该学科领域强劲增长，升至第三位。

“在北京不断扩大其科研城市榜首优势之际，2023 年一个令人关注的进展是中国省会城市的崛起——从西部的成都，到东部的合肥。这些在西方不为人熟知的城市，如今已跻身自然科学三十强城市之列，与欧洲和北美的老牌科研中心比肩而立。即使在健康科学领域，仍落后于西方的中国城市也取得了明显进步。”自然指数主编 Simon Baker 说。

据悉，自然指数由施普林格·自然旗下的自然科研智讯编制，是一个包括了作者单位信息和机构间关系的公开数据库，追踪了各机构对 145 种高质量自然科学和健康科学期刊上发表科研论文的贡献情况。这些期刊均由独立的科研人员小组依据期刊声誉选出。

“天河”超算夺得世界图计算领域桂冠

据新华社电 记者 11 月 20 日从国家超级计算天津中心获悉，由国防科技大学研制、部署在该中心的“天河”新一代超级计算机系统，在最新公布的国际 Graph500 排名中以 6320.24 MTEPS/W 的性能夺得 Big Data Green Graph500（大数据图计算能效）榜单世界第一的优异成绩。

这已经不是“天河”超算第一次在该领域夺冠。在 2021 年在 7 月发布的国际 Graph500 排名中，“天河”超算就曾获此殊荣。

Graph500 排行榜于 2010 年首次发布，是国际上评价超级计算机图计算性能的最权威榜单，主要针对当前热门的数据密集型应用，如人工智能、大数据处理等实施评测，可充分体现超级计算机的访存和通信性能，直接反映超级计算机的数据处理能力。

图计算是一种以图结构为核心的数据处理与分析方法，是研究复杂网络、关联模式和结构化数据的重要工具。随着大规模数据分析需求的增长，图计算正成为大数据和人工智能的重要支柱，是各国政府、科研机构和科技企业又一研究热点。

依托“天河”新一代超级计算机系统，国家超算天津中心近年来在数值仿真技术、材料计算、环境气象等科学研究领域取得了一流学术成果，同时也在超智融合、生成式大模型、超算互联网络等产业领域实现重大技术突破。

国家超算天津中心党组书记、首席科学家孟祥飞表示，此次摘得世界桂冠的成果，不仅标志着“天河”超算处理复杂数据分析任务的能力取得了国际性领先突破，还为推动新一代智能化技术发展提供了重要支撑。

坐落在天津滨海新区的国家超级计算天津中心，是中国首个千万亿次超算“天河一号”部署所在地，同时部署有“天河”新一代超级计算机系统。　（毛振华 杨文）

新证据表明
缬氨酸限制性饮食可治疗肿瘤

本报讯（见习记者江庆龄）同济大学医学院/附属第十人民医院教授王平团队发现了一个全新的缬氨酸特异性感应器人源去乙酰化酶 HDAC6，并揭示了缬氨酸限制导致 HDAC6 核转位，进而增强 TET2 活性并诱导 DNA 损伤的具体机制。11 月 20 日，相关研究发表于《自然》。

机体如何感应氨基酸水平变化，并作出适应性反应是研究代谢应激与细胞命运的重要科学问题。探究氨基酸感应异常的分子机制，可能为预防或治疗代谢性疾病和癌症提供新靶标。作为一种必需的支链氨基酸，缬氨酸在蛋白质合成、神经行为、白血病进展中发挥着重要作用。然而，细胞感应缬氨酸的机制与功能尚不清楚。

研究团队发现，乙酰化酶 HDAC6 能通过识别羧基端和侧链直接结合缬氨酸，且可以容忍氨基端修饰。而与缬氨酸结合的是 HDAC6 的 SE14 结构域。值得一提的是，该结构域仅在灵长类动物的 HDAC6 中出现，鼠的 HDAC6 无法结合缬氨酸。

机制研究表明，细胞内缬氨酸匮乏将诱导 HDAC6 转位至细胞核，其酶活区域与 DNA 羟甲基化酶 TET2 的活性区域结合，促进 TET2 发生去乙酰化，使得酶活性被激活。研究团队进一步证实，细胞内缬氨酸饥饿能够通过 HDAC6-TET2 信号轴，促进 DNA 主动去甲基化。

饮食限制或者靶向氨基酸代谢和感应已成为延长寿命和治疗癌症等多种疾病的辅助策略。为探究缬氨酸限制是否在癌症治疗中发挥作用，研究团队在结直肠癌异种移植瘤模型中进行了实验。结果表明，适宜的缬氨酸限制性饮食可显著抑制肿瘤生长，同时副作用较小。在肿瘤样本中，缬氨酸水平的降低与 HDAC6 核易位、5hmC 水平和 DNA 损伤程度的增加呈正相关。缬氨酸限制性饮食和 PARP 抑制剂 talazoparib 联合治疗可显著增强抗肿瘤效果，为该疗法通过诱导 DNA 损伤治疗癌症提供了有力证据。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1038/s41586-024-08248-5

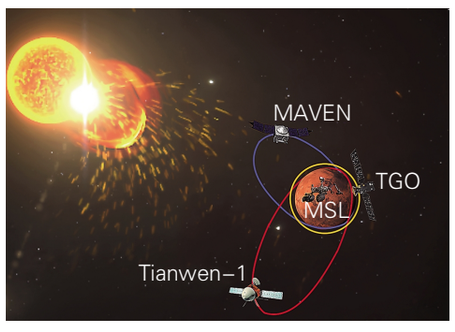
科学家首次完整构建
火星空间太阳高能粒子能谱

本报讯（记者叶满山）中国科学技术大学、中国科学院近代物理研究所、兰州空间技术物理研究所和德国基尔大学的科研人员首次构建了火星空间完整的太阳高能粒子事件质子能谱，这对火星空间辐射环境的监测具有重要意义。近日，相关成果以封面文章形式发表于《地球物理研究快报》。

太阳高能粒子事件是太阳爆发活动产生的最具破坏性的空间天气事件之一。事件发生期间，空间中的高能带电粒子会突然增强，可能对在轨航天器和航天员造成巨大威胁。与地球不同，火星由于缺少磁场保护且大气稀薄，其表面更易受到高能粒子及其在火星大气中生成的次级粒子的影响。研究太阳高能粒子事件对火星空间的影响，对未来火星探测任务的防辐射工作具有重要意义。

2021 年 11 月，我国研制的天问一号环绕器进入火星科学任务轨道，其搭载的能量粒子分析仪（MEPA）开始探测火星空间的粒子通量。2022 年 2 月 15 日，MEPA 观测到一个流量和能量极高的太阳高能粒子事件，这是我国科学家观测到的首个在火星表面引起辐射剂量增强的事件。该事件同时被欧洲空间局的微量气体轨道飞行器（TGO）、美国国家航空航天局的火星大气和挥发性演化轨道器（MAVEN）以及火星表面的“好奇号”火星车探测到。这是在火星空间首次有如此多的探测器同时探测到的太阳高能粒子事件。

此前，MAVEN 搭载的太阳高能粒子仪仅能探测到能量在 7MeV 以下的质子通量。而 MEPA 能探测 2~100MeV 的质子通量，极大扩大了火星空间高能质子的能量监测范围，为这项研究提供了关键数据支持。



2022 年 2 月 15 日的太阳高能粒子事件同时被中国的天问一号轨道器（Tianwen-1）、欧洲空间局的 TGO、美国国家航空航天局的 MAVEN 以及火星表面的“好奇号”火星车（MSL）探测到。 **图片来源：《地球物理研究快报》**

该研究使用多个探测器数据构建相关质子能谱。中低能段的质子能谱由 MEPA 和美国高能粒子仪提供。更高能段的质子通量由研究团队结合火星表面的辐射评估探测器和火星粒子传输模型模拟反演得到。研究团队通过对上述观测和反演能谱进行拟合，得到了此次太阳高能粒子事件在火星空间 1~1000MeV 能量范围内的完整质子能谱。

研究团队利用这一完整能谱计算了此次事件在火星轨道和表面引发的辐射剂量，得到的结果与轨道和表面实际测量值定量相符。这一结果验证了 MEPA 数据的可靠性和火星辐射传输模型的精准性。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1029/2024GL111775