

科技新闻

·深度报道·

《Science》发布2025年10大科学突破

2025年12月19日,《Science》发布了2025年10大科学突破。中国表现亮眼,有4项研究/领域进展被入选,分别是年度头号突破的新能源的发展、龙人的身份鉴定、异种器官移植和水稻耐热基因的发现。此外,AI大模型在科学领域的应用,也入选了科学突破,中国在这方面也表现出色。

1 向阳而生的能源转折

自工业革命以来,人类社会依赖古老的光能:数亿年前植物捕获这些能量,储于化石燃料,然后由人类从地下开采而来。但在2025年,全球能源结构重心开始明显向当代太阳辐射所驱动的能源体系转移。以太阳能和风能为代表的可再生能源,在多个关键指标上首次超传统化石能源。

2025年,可再生能源发电量全球首次超过煤炭。根据能源智库 Ember 数据,1—6月太阳能和风能增长足以覆盖全球电力需求增量的全部。同年9月,习近平总书记在联合国宣布,中国将在10年内将碳排放削减到10%。这并非减少用能,而是加倍发展风能和太阳能。非洲和南亚太阳能板进口激增。对许多人而言,可再生能源持续增长已势不可挡。这一前景促使《Science》将可再生能源迅猛增长评选为2025年度突破。

这一曙光出现在气候形势严

峻的背景下。2025年11月,巴西贝伦联合国气候大会报告了坏消息:全球碳排放继续缓慢上升,各国未能兑现2015年巴黎协定的减排承诺。把升温限制在1.5℃以内的目标本就渺茫,如今彻底无望。但牛津大学数据科学家 Hannah Ritchie 等仍看到希望。她指出,得益于可再生能源,期待已久的化石燃料衰落已现端倪。中国即将真正开始淘汰煤炭,世界其他地区的化石燃料使用很可能随之下降。

中国强大的工业引擎是主要驱动力。经过多年的行业补贴,中国如今已主导了全球可再生能源技术生产:制造全球80%太阳能电池、70%风力涡轮机、70%锂电池,在成本和规模上具有显著竞争优势。美国智库亚洲协会政策研究所中国气候中心主任李硕表示:“中国凭借其经济规模、制造能力和国内的激烈竞争,真正掌握了这项技术。”

生产激增带动价格下跌,需求随之起飞。产能扩大进一步压低价格,点燃更多需求,形成良性循环。可再生能源技术成长为占中国经济10%以上的产业。风能和太阳能成为全球大部分地区的低成本能源。

中国工厂涌出的绿色技术浪潮已改变本国能源格局,也改变了物理景观。数10年来,中国的



(图片来源:《Science》)

发展一度与煤炭密不可分,带来了严重的空气污染和大量碳排放。如今,太阳能板覆盖了沙漠和阳光强烈的青藏高原,最高达300 m的风力涡轮机则守卫着海岸与山顶。中国太阳能发电过去10年增长超20倍,太阳能和风电场总容量已足以供应整个美国。

中国绿色技术出口也正重塑世界。欧洲是长期客户,但全球南方国家,受市场力量和能源独立愿望驱动,也正争相购买中国太阳能板、电池和风力涡轮机。例如巴基斯坦,受俄乌战争推高天然气价格和电网电费影响,2022—2024年中国太阳能板进口增长5倍。能源与清洁空气研究中心分析师 Lauri Myllyvirta 表示:“对于那些想点亮家里电灯的人,这是显而易见的选择。”南非老旧且可靠性差的煤电厂也引发了类似转变,促使居民转向太阳能。埃塞俄比亚担忧干旱频发导致水电供应无法保障,从而转向太阳能和风能。

价格持续下跌推动太阳能和风能装机容量激增,远超其他任

何能源来源。2025年,可再生能源的总发电量已超过煤炭。

迄今,这并非新技术故事。李硕表示:“中国基本依赖美国半个世纪前发明的核心太阳能技术。”当年美国为航天器制造精品太阳能板,如今中国为世界制造,更优质、更便宜、数量惊人。

技术进步将驱动未来增长。目前太阳能电池用晶体硅,但另一种晶体钙钛矿可与硅叠层,捕获更多光能提升效率。材料进步让风力涡轮机叶片更长、捕获更多能量,浮动涡轮机设计可大幅扩展海上部署区域。当前储能主力巨型锂离子电池未来或被其他化学体系取代。钒液流电池和钠电池成本更低,锌空气电池储能密度更高。

与此同时,气候科学家已从现有技术中观察到积极成效。2025年可再生能源帮助中国控制温室气体排放,让全球碳达峰进入可预期范围。但要实质减排,世界需视2025年跨越的门槛仅为起点。

塔夫茨大学能源与气候专家Kelly Sims Gallagher表示:“中国继续建煤电让我担忧。”过去1年数10座新煤电厂获批,虽多闲置待作调峰。但在美国,特朗普政府对风能和太阳能开发宣战,中国的经济型太阳能板面临高贸易壁垒。长期下降的美国煤炭消费却在2025年反弹。

充分利用风能和太阳能所需的基础设施是另一障碍。中国正在建设电池农场储绿电、长距离输电送电至城市,但速度不够快。航空和重工业短期难电气

化。尽管未来仍存在诸多不确定性,但回顾过去,可再生能源所取得的进展之迅速依然令人瞩目。2004年,全球安装1吉瓦太阳能发电装机容量尚需整整1年;而如今,这一规模的2

倍几乎每天都在并网运行。彼时,可再生能源更多承载着价值与道义属性,用户因气候关切而愿意为其支付高于化石能源的成本。如今,推动其快速扩张的核心动力已转向现实利益——更低的成本以及更高的能源安全性。

这一动机转变或许是最重要突破,确保2025年拐点仅为开端。

——Tim Appenzeller

2 定制基因编辑为超罕见病带来希望

2025年,一名患致命代谢病的男婴成为全球首位接受个性化基因编辑治疗的患者。这一成就或为携带独特或超罕见突变的患者开辟定制基因编辑道路。

KJ Muldoon于2024年出生于费城,其CSP1基因缺陷导致肝脏缺乏解毒氨所需酶。为避免血液和大脑氨有害积聚,此类疾病婴儿须严格限制蛋白饮食,常需高风险肝移植。KJ出生后,研究团队迅速开发一种碱基编辑器——CRISPR基因编辑工具变体,可纠正其缺陷基因单个拼写错误。在细胞和实验动物测试后,团队于2025年2月获批为6个月



患有罕见遗传病的婴儿KJ Muldoon在医院

(图片来源:费城儿童医院)

大的KJ治疗:通过脂质纳米颗粒输注携带碱基编辑器遗传指令。至2025年5月,再次2剂后,KJ蛋白摄入增加、体重增长、控制氨水平药物减少。

研究者现计划调整KJ所用碱基编辑器,治疗5例由其他基因故障引发的类似代谢病。美国食品药品监督管理局认为,这些定制治疗差异极小,可在单一临床试验测试。这种监管简化或使碱基编辑用于其他罕见病成为可能——此前这些疾病因数十或数百种不同突变而难以攻克。

一种针对多患者共同遗传错误的碱基编辑器,2025年首次修复成人肝脏基因。但此类治疗虽为众多患者带来新希望,仍存显著局限,包括高昂费用和基因编辑安全性不确定性。

——Jocelyn Kaiser

3 新武器对抗性传播顽疾

2025年,2款针对淋病的候选新药在大规模临床试验中表现出色,2025年12月11日双双获美国食品药品监督管理局批准。正值现有治疗失效之际,这是数十年来首批新武器。

淋病每年影响超过 8000 万人。罪魁祸首——淋病奈瑟菌, 已对医生投用的几乎所有抗生素产生耐药性。唯一仍有效的头孢菌素类药物, 也开始失效。

2019 年, 3 种候选替代药物试验结果令人失望。但 2025 年 5 月 3 日,《The Lancet》发表吉泊达星(gepotidacin) III 期试验结果。该药由葛兰素史克公司研发, 美国生物学高级研究与发展局资助, 已批准用于尿路感染。此次试验显示, 其治愈淋病效果与现有药物相当。作为全新抗生素类别首款药物, 吉泊达星靶向细菌 DNA 复制关键酶——DNA 回旋酶和拓扑异构酶 IV。

另一新药佐立氟达辛(zoliflodacin)由 Innoviva Specialty Therapeutics 与瑞士非营利组织全球抗生素研发伙伴关系合作开发。该药同样靶向 DNA 回旋酶, 但属另一药物类别, 机制不同。2025 年 12 月 11 日,《The Lancet》发表了 5 国 III 期研究, 结果显示疗效确切, 无严重副作用。该药相比最常用头孢菌素一大优势: 口服给药, 无需注射。科学家对这两款药物问世表示欢迎, 但提醒如以往所有药物, 其有效期或有限。

——Martin Enserink

4 神经元向癌细胞“致命捐赠”

肿瘤诱使多种体细胞助其生长扩散, 包括神经元。2025 年 6 月 25 日, 研究者发现神经细胞提供帮助方式: 转移线粒体——细胞主要化学燃料供应器。结果是癌细胞能量超充, 更易扩散至身体其他部位。这提示了阻断转移

或可延缓肿瘤转移。

科学家此前已发现神经助癌证据。例如切断肿瘤神经连接常减缓生长甚至导致缩小。破坏这些连接也干扰癌细胞代谢。为探明原因, 研究者体外共培养癌细胞与神经细胞, 并标记神经元线粒体。显微镜下, 他们观察到神经细胞通过细小桥状结构将线粒体送至恶性邻居。《Nature》报道了注入癌细胞小鼠及人前列腺肿瘤样本中发现线粒体转移证据。

癌细胞快速分裂, 对能量需求巨大, 研究人员利用自身线粒体功能受损培养癌细胞发现, 这些“接收而来”的线粒体能够显著增强其代谢能力。为探究线粒体捐赠对癌生长影响, 他们开发技术: 癌细胞获取其他细胞线粒体后变绿。科学家将神经与癌细胞混合植入小鼠, 形成肿瘤并转移至其他组织。原发肿瘤癌细胞仅 5% 变绿, 显示获取神经细胞线粒体, 但肺转移细胞比例升至 27%, 脑转移达 46%。

其他细胞类型也共享线粒体, 但新发现提示神经元特别慷慨, 或助研究者开发疗法迫使神经细胞留住自身线粒体。

——Mitch Leslie

5 全天候“天眼”俯瞰宇宙

一种加速新型天文学的望远镜 2025 年在智利山顶落成。与



鲁宾天文台矗立在智利帕琼山山顶
(图片来源:鲁宾天文台官网)

多数望远镜聚焦感兴趣天体不同, 维拉·C·鲁宾天文台将不懈扫描整个天空。从 2026 年初起, 它将每 3 天记录全天区前所未有细节, 持续 10 年。每晚产生数百万警报: 天体移动、变化或突然出现。1 年内, 鲁宾将采集光学数据超历史上所有望远镜总和, 并逐步构建最详尽宇宙三维地图, 通过在线门户向所有人开放。

如此贪婪采集星光需突破技术, 包括复杂光学系统——在巨大视场(相当于 45 个满月)产生无畸变图像——及汽车大小相机, 数秒内输出 3200 M 像素图像。光纤将每幅图像从帕琼山顶传至加州, 计算机群分析并在拍摄后 1 min 向天文学家发出警报。每晚 1000 万警报涌来, 天文学家将依赖智能算法, 从平凡石子中筛选恒星宝石。

这一数据洪流将触及天文学各领域。天文台将使太阳系已知天体数量倍增——运气好或发现海王星外假想第九行星。它将提供多种宇宙爆炸近距离观测席位, 并助揭示星系如何形成、生长、合并、在宇宙时标上演化成巨

型集群。它还将帮助天文学家研究看不见暗物质如何塑造星系,以及同样神秘暗能量如何加速宇宙膨胀。建造这样机器本身已是壮举,但少有人疑其将成为未来多年突破工厂。

——Daniel Clery

6 与丹尼索瓦人“面对面”

2025年,研究者终于为失落亲戚“绘像”——DNA证据证实146000年前古颅“龙人”属丹尼索瓦人,这一灭绝人类支系曾与现代人及尼安德特人共存地球。

2010年,遗传学家基于西伯利亚丹尼索瓦洞指骨碎片DNA宣布发现新古人类,与尼安德特人和现代人关系密切。但15年来,丹尼索瓦人仍无面容。亚洲多地从台湾至西藏小骨碎片也产出丹尼索瓦DNA。

因无完整个体甚至颅骨,科学家无法得知丹尼索瓦人长相,也无法用外貌识别博物馆可能已有丹尼索瓦化石。

2025年6月18日,中国研究者从数10年前黑龙江哈尔滨附近发现古颅提取DNA改变这一切。DNA来源特殊——非常见牙齿或内耳骨,而是“龙人”唯一残牙刮下0.3毫克硬化牙菌斑(牙菌斑遗传物质主要来自细菌,但也含唾液及其他口腔液体DNA)。

黑牙上化石牙菌斑将DNA困于矿物基质,保存时间长于多孔骨骼。测序后,将“龙人”DNA与已知丹尼索瓦DNA匹配。额外工作将菌斑蛋白与其他丹尼索瓦化石匹配,确认这一眉骨厚重、骨骼粗

壮、下颌有力颅骨属丹尼索瓦人。

“龙人”身份揭晓后,研究者将更容易基于骨骼牙齿形状识别其他丹尼索瓦人。发现更多个体或助解决争论:这些神秘古人类是智人亚种还是独立种?

——Andrew Curry

7 大语言模型大展科学身手

2020年Google DeepMind推出蛋白结构预测器AlphaFold2,颠覆人工智能在科学应用预期。该成就入选《Science》2021年度突破,并分享2024年诺贝尔化学奖。相比之下,几乎没人预料到,另一类通用型人工智能——大语言模型(LLMs)——也会沿着类似路径取得突破。但2025年LLM规模扩大,观点剧变,它们在广阔科学领域展现博士级能力。

数学领域,DeepMind用Gemini LLM在国际数学奥林匹克(全球最难高中数学竞赛)获金牌。OpenAI GPT-5也在组合数论和图论长期难题上产生原创进展。但LLM不止考试理论,还加速科学发现。化学领域,Meta Llama LLM仅15次实验找到此前未报告复杂反应最优条件,节省研究者数百次需数周试验。

生物学领域,Google“代理型”AI合作科学家从现有药物筛选肝纤维化新候选,并在2天重现细菌DNA寄生传播洞见——原

需研究者数年。

并非所有实验都完美。Agents4Science大会上,LLM负责假设制定、数据分析及首轮同行评审,但许多研究者仍疑AI能否严谨设计判断科学问题。

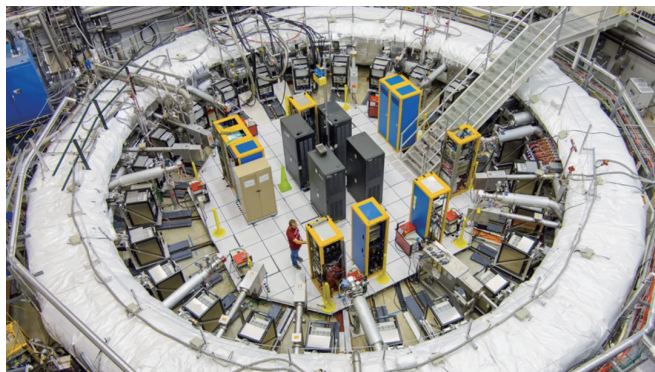
LLM跃进开启更广AI科学淘金热。科技巨头和投资者数亿美元涌入Periodic Labs、Lila Sciences、OpenAI for Science等衍生公司。随着AI自身改善下一代LLM,其极限越来越难预测。

——Celina Zhao

8 超级计算破解粒子谜题

数10年来,粒子物理学家一直渴望发现标准模型无法解释的现象。2025年6月,这一领域长期备受关注的新物理迹象消失:一项长期运行的实验报告称, μ 子磁性与标准模型预测一致,而非此前声称的磁性更强。虽然结果令人失望,但背后却是超级计算的胜利:理论家终于用“格点规范理论”成功从零精确计算出 μ 子磁性。

μ 子是电子的质量更大但不稳定的“表亲”。其磁性因量子不确定性,会受到真空涨落粒子短暂出现的影响,而获得小幅提升(记



费米实验室 μ 子g-2实验装置

(图片来源:费米实验室)

为 $g-2$)。如果这些“虚”粒子包含标准模型之外的新粒子, μ 子磁性就可能偏离理论预测。自2001年起,美国 μ 子 $g-2$ 实验曾暗示 μ 子磁性比预测值强约40亿分之4。

做预测从来不是一件容易的事。特别是夸克和胶子贡献计算难度极大,因为它们通过强相互作用相互影响,这一力在数学上几乎不可解。2020年, μ 子 $g-2$ 理论倡议协作从粒子对撞机数据外推,估算虚夸克胶子对 μ 子磁性贡献。但当时最佳数据仍存在不一致。

理论家也可利用超级计算机和格点规范理论从零计算夸克胶子贡献。这一数值技术将连续时空离散为四维格点,从而简化问题。得益于计算能力持续提升和众多技术进步,2021年4月14日,格点计算预测 μ 子磁性精度已媲美数据驱动方法。2025年5月,理论倡议修订预测,放弃数据驱动法,转而采用格点法。新预测 μ 子磁性高于此前计算,并与随后公布的 μ 子 $g-2$ 最终测量结果完全一致。这一高度吻合,虽然消除了新物理迹象,但标志着格点规范理论的重大胜利。

——Adrian Cho

9 异种移植创生存新纪录

过去百年,异种移植尝试常伴炒作与可疑科学。但2025年,“异种移植”(潜在解决人类器官短缺方案)因基因编辑猪组织更安全、免疫排斥更低而显著进步。

最突出的是,一个69处基因修改猪肾在新罕布什尔州男性体内工作近9个月,至10月失效,仅差几天未破此前最长纪录(1964

年自然黑猩猩肾)。另一个仅6处修改猪肾在中国女性体内存活近同样长。

这些努力延长了此前记录——10处修改猪肾助女性存活4个月,至2025年2月失效。每例器官来自公司修改繁

育猪,希望异种移植成盈利业务。2025年2公司获美国食品药品监督管理局许可,启动策略首项正规临床试验(监管批准必要步骤)。

研究者普遍同意,供体猪仍需额外基因修改延长移植器官存活。他们也尝试开发更安全有效免疫抑制药。有些人探索新策略促进免疫耐受(如连同肾移植猪胸腺)彻底免用免疫抑制药。但2025年成功已将异种移植拉近,这是数10年来太多耸人听闻的标题曾过早庆祝的目标。

——Jon Cohen

10 耐热基因助水稻抵御高温之夜
作物在热浪炙烤下若水分充足尚可忍受,但闷热夜晚却隐患重重——呼吸作用加速,这一正常黑暗中稳定的代谢过程失控。2025年4月30日,中国研究团队发现一个基因,能保护水稻免受夜间高温双重打击:产量下降和粒质变差。若通过育种或基因工程引入商品品种,该基因或助水稻在气候变化夜温升高背景下保障收成。

过去10年,团队在中国易发



华中农业大学水稻团队在观察植物样本

(图片来源:央视网)

热夜地区种植533个水稻品种。通过杂交最佳表现类型,他们锁定12号染色体关键基因,命名为QT12 (quality-thermotolerant, 品质耐热)。研究发现,在夜间高温条件下表现不佳的品种中,QT12的某些等位基因会被异常激活,导致淀粉分子排列紊乱,使稻米呈现粉质化、易碎,口感发黏。相比之下,携带“高温下不易被激活”的QT12等位基因的水稻品种,能够维持良好的籽粒品质,并同时表现出更高的产量,但其具体作用机制仍有待进一步阐明。

研究者将这一保护性变体引入商品品种华占,夜间高温下产量最高增78%,粉质粒比例更低。他们还显示基因编辑禁用QT12在研究品种获类似益处。凉区种植粳稻(japonica亚种)热耐性差,或特别受益QT12保护变体。研究者发现粳稻无该变体,但可传统育种添加。他们建议小麦玉米等谷物也可装备类似基因,抵御未来更热夜晚。

——Erik Stokstad

(译自《Science》,2025,390(6779))

(科技新闻栏目编辑 黄文光)