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 8848 期　2025 年 10 月 9 日　星期四　今日 4 版

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

2025 年诺贝尔自然科学奖揭晓

本报讯（记者冯丽妃）10 月 6 日至 8 日，2025 年诺贝尔自然科学奖相继揭晓。

10 月 6 日，2025 年诺贝尔生理学或医学奖授予美国科学家玛丽·E·布伦科（Mary E. Brunkow）、弗雷德·拉姆斯德尔（Fred Ramsdell）和日本科学家坂口志文（Shimon Sakaguchi），以表彰他们“在外周免疫耐受领域的发现”。

10 月 7 日，2025 年诺贝尔物理学奖授予美国科学家约翰·克拉克（John Clarke）、米歇尔·德沃雷特（Michel Devoret）和约翰·马丁尼斯（John Martinis），以表彰他们“发现了电路中的宏观量子力学隧穿效应和能量量子化”。

10 月 8 日，2025 年诺贝尔化学奖授予日本科学家北川进（Susumu Kitagawa）、澳大利亚科学家理查德·罗布森（Richard Robson）、美国科学家奥马尔·亚吉（Omar M. Yaghi），以表彰他们“开发了金属有机框架”。

2025 年的诺贝尔奖单项奖金为 1100 万瑞典克朗，合人民币约 835 万元。

微观世界“拼乐高”，“搭”出化学新世界

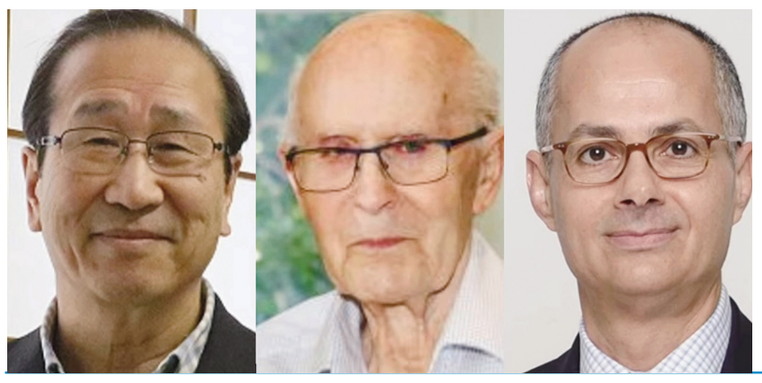
■本报记者 甘晓 冯丽妃 高雅丽 杜珊妮 赵宇彤 见习记者 江庆龄

北京时间 10 月 8 日下午 5 时 45 分许，2025 年诺贝尔化学奖揭晓。日本科学家北川进（Susumu Kitagawa）、澳大利亚科学家理查德·罗布森（Richard Robson）和美国科学家奥马尔·亚吉（Omar M. Yaghi）因“开发了金属有机框架（MOF）”获此殊荣。

诺贝尔化学奖委员会主席海纳·林克表示，MOF 潜力巨大，为定制具有新功能的材料带来过去难以想象的机会。

“祝贺奥马尔·亚吉教授！加利福尼亚大学伯克利分校终于可以给他一个诺奖专用车位了！”当晚，浙江大学生命科学研究院研究员林世贤在科学网直播间笑言。

值得称道的是，亚吉并非起步于名校，而是从一所社区学院开启学业，凭借非凡的毅力与智慧，最终获得诺贝尔奖。今年，恰逢他提出以 MOF 为代表的“网格化学”概念 30 周年。



北川进（左）、理查德·罗布森（中）和奥马尔·亚吉。

微观世界“搭积木”

《中国科学报》：你对 3 位科学家获得今年诺贝尔化学奖有何感受？

复旦大学化学系教授李巧伟：我是亚吉教授的博士生，于 2004 年至 2010 年在他的课题组学习。今年是他开创以 MOF 为代表的“网格化学”领域 30 周年。

我认为，今年诺贝尔化学奖颁给这 3 位教授实至名归。

北川进是 MOF 领域的著名学者。他的贡献是将“配位聚合物”的概念提升到“多孔配位聚合物”。他最早通过高压气体吸附实验证明了这类材料具有让分子进入的孔道，这是证明其多孔性的第一步。

罗布森最重要的贡献是将晶体化学“顶点与边”的基本几何原理引入了框架材料的研究。这为框架带来“设计感”，让我们能够通过选择特定的“顶点”和“边”来预测和构建目标拓扑结构，为 MOF 的早期发展提供了重要理论指导。

林世贤：得知亚吉获得诺贝尔奖时，我非常激动！我在美国加利福尼亚大学伯克利分校求学时，就和同事讨论他什么时候会拿诺贝尔奖，伯克利校园什么时候会给他增加车位。

伯克利校园建在半山坡上，空间非常有限，校内停车位极其紧张。学校有个特别关怀政策，允许诺贝尔奖得主把车直接开到学校里，以示尊重。其他师生只能把车停在校外停车场，再步行爬山到学校。这个小小的福利成了学校里的一桩美谈。

上海交通大学长聘教轨副教授董金桥：3 位得主提出了一种全新的材料构建方法，利用金属离子与有机配体的自组装过程，构建出结构高度可控的晶态多孔材料。这种材料体系兼具无机材料的稳定性与有机材料的可设计性，突破了传统材料在结构调控和功能实现方面的局限，开辟了多孔材料研究的新范式。

《中国科学报》：如何通俗理解 MOF 这一概念？

中南大学化学化工学院教授张翼：人类历史上第一个广义上的 MOF 材料是一种被称为“普鲁士蓝”的染料，它非常稳定。但问题在于，像普鲁士蓝这样极其稳定的框架材料，往往缺乏我们所需的催化活性。我们可以把构建 MOF 想象成微观世界的“搭积木”：一个金属离子作为核心，周围通过配位键连接各种有机配体，从而搭建出各种各样、形状各异的框架结构。

华东师范大学化学与分子工程学院教授姜雪峰：我们在化工领域模仿自然界，用有机配体与金属配位，像“搭乐高”一样搭建出笼子、框架、正四面体等不同结构，这就是 MOF。MOF 本质上是化学领域的“限域工具”。“限域”意味着把分子限制在特定范围里，分子的电子跃迁、轨道排布、催化特征等都不同于宏观体系，从而带来很多新规律。

已有商业应用

《中国科学报》：MOF 的应用价值和前景如何？

董金桥：由于具有可调节的孔隙结构和高度有序的晶体排列，MOF 材料展现出极大的应用潜力。例如，在气体吸附领域，MOF 可用于选择性吸附工业煤气中的氮气、二氧化碳等目标分子，表现出优异的分离与纯化性能。在催化领域，将有机催化剂固定于 MOF 的孔腔结构中，不仅可实现立体选择性和限域效应，还能有效防止催化剂失活，显著提高催化效率、增加循环使用次数，进而降低生产成本。

目前，部分 MOF 材料已在商业领域实现初步应用，特别是在气体储存与分离方面展现出广阔前景。可以预见，随着相关技术的进一步发展和成本的持续优化，MOF 材料将在更多行业实现规模化应用，释放其在能源、环境、医药等关键领域的巨大潜力。我们期待 MOF 成为推动新材料变革的重要力量。

林世贤：在高校和科研机构，MOF 材料被广泛研究，我相信诺贝尔奖的授予会极大激发商业转化热情，为这种框架材料找到改变人类生命健康的创新应用。

姜雪峰：MOF 凭借多孔结构，在气体分离、检测、催化及药物缓释等方面展现出广阔的应用前景。然而，其“积木式”笼状结构在工业复杂环境下易塌陷，稳定性仍是产业化的主要瓶颈。此次获颁诺贝尔奖既是对 3 位奠基者贡献的肯定，也寄托了人们对开发更稳定、更廉价、适用性更强的 MOF 材料的期待，未来 MOF 材料有望实现更多应用。

《中国科学报》：应当如何看待 MOF 在储氢方面的应用潜力？

李巧伟：大约 20 年前，曾有人提出用 MOF 储氢。研究发现，在低温高压下，MOF 具有可观的储氢吸附量。如今，其能实现的储氢量越来越多，所需条件如温度越来越接近常温，正慢慢靠近商业化的目标。对于利用 MOF 再结合其他材料的优点实现储氢，我持乐观态度。

《中国科学报》：一个领域获得诺贝尔奖，是否意味着它已到达巅峰？这对领域未来的发展会产生什么影响？

张翼：我不这么认为。我们可以用超分子化学来类比，它在 1987 年首次获奖之后，2016 年再次获奖。诺贝尔奖不是终点，而更像是一个里程碑，标志着这个领域的成熟与具备巨大潜力，并激励更多人才和资源涌入，推动它走向新的高峰。当然，这最终取决于该领域未来在实际应用方面的突破。

董金桥：诺贝尔奖的光环将进一步激发全球科学界对该领域的关注与投入，推动 MOF 从结构构筑向功能应用加速转化。事实上，诺贝尔奖往往并非某一研究方向的终点，而是新的起点。

“英雄不问出处”

《中国科学报》：从这次诺贝尔化学奖得主看，你认为科学家成功的“道”是什么？

李巧伟：亚吉出生在约旦，在美国从一所社区学院开启他的学业。之后，他在美国纽约州立大学读本科，博士学位在美国伊利诺伊大学厄巴纳－香槟分校（UIUC）获得。他富有远见，早年即提出框架化学构想，并凭借敏锐的洞察力投身多孔材料领域。他大力支持学生创新，共价有机框架（COF）的开创性研究便始于让学生自由探索，后经他推动发展成为重要方向。

张翼：坚持至关重要，尤其是在你不知道前方会有什么结果甚至感到迷茫的时候。这次获奖让我深感“英雄不问出处”。一方面，科研人员不要因为起点低而自我设限；另一方面，建议一些高校和科研机构不要过于看重科研人员的“第一学历”或出身。真正重要的是他们的科学洞察力、创造力和持之以恒的努力。

姜雪峰：如果用一个关键词概括，我觉得是“好玩”。科学家起步时往往带有一定“功利性”——为解决某个问题而研究。但真正深入之后，需放下功利，回归好奇与热爱。MOF 结构千变万化，有如中国结、圆环、方笼等形态，搭建它们本身就充满乐趣。

科学探索中，大多数尝试未必如愿，但正是在不断试错中接近未知、解决真问题。要让青少年因“好玩”而选择科学，在探索中理解自然规律、克服对未知的恐惧，进而以认知反哺个人成长与社会发展。对科技工作者来说，终极状态就是在好玩中创造“有用”，用“有用”解决人类问题。

林世贤：对于 MOF 的成功，我最大的感触就是“简洁之美”——材料的合成路径非常简洁、材料本身的化学结构体现简洁之美、科学家做研究的心态很简洁。正所谓“大道至简”，或许我们每位科研工作者都应该思考，怎么做更简洁的科学。

《中国科学报》：亚吉是一位什么样的科学家？

李巧伟：在我 6 年的学习生涯中，研究工作大多围绕兴趣展开，他不会指定一个必须达成的应用目标。这让我们凭着好奇心去工作。其实，我前三四年的成果并不突出，但我并没有感受到发表论文的压力，这让我能以更好的心态深耕课题。

毕业之后，我们仍保持着良好的师生互动，我经常邀请他来复旦大学做讲座，我们也会及时沟通科研进展。他是一位真正将科学研究置于至高地位的令人敬佩的老师。

美国加利福尼亚大学伯克利分校博士后周子晖：我是亚吉教授的博士生，现在他课题组进行博士后研究。他事无巨细地关心学生，不管是新生还是即将找工作的毕业生，如果我们想找他一对一讨论，给他发个邮件，一周内基本就能见面。

只要他在学校，从早晨 8 点到下午 4 点，一整天都泡在实验室里。

林世贤：亚吉的经历富于传奇色彩，极具感染力。听说他 15 岁移民美国，从零学英语。他树立了一个强大的科学家典型——通过努力实现科研理想，重塑命运。后来，我还了解到，他因童年缺水的经历，执着于研发从空气中取水的 MOF 材料。他将个人梦想融入科研，彰显了科学背后深刻的人文价值。

研究为胰腺癌精准治疗提供新范式

本报讯（记者刁雯蕙）近日，中山大学附属第七医院（以下简称中山七院）张常华团队联合中山大学物理学院林绍珍团队、英国癌症研究院阿克塞尔·贝伦斯团队，在《自然》发表重要研究成果。

研究团队聚焦“癌王”胰腺导管腺癌，首次系统揭示了以骨桥蛋白（SPP1）为核心的信号通路在调控肿瘤细胞命运转换中的关键作用，并在动物模型中验证了靶向该蛋白逆转肿瘤恶性进展的有效性，为胰腺癌的精准治疗提供了新范式。

胰腺导管腺癌是预后最差的恶性肿瘤之一，患者 5 年生存率不足 5%，其高度异质的肿瘤微环境是当前治疗面临的主要挑战。肿瘤中存在上皮样和间质样两类细胞亚群，后者被认为是导致转移与耐药的关键。尽管团队早期研究已揭示间质细胞分泌的 GREM1 蛋白可影响上皮细胞状态，但驱动间质细胞命运的上游信号始终未知。

为解决这一难题，研究团队整合临床样本多组学分析与基因工程动物模型，成功绘制出以 SPP1 为核心的细胞间对话网络。

研究发现，上皮肿瘤细胞分泌的 SPP1 作为关键信使，激活间质细胞表面 CD61 受体，进而启动 BMP2-GREM1 信号轴，形成双向调控回路。SPP1、BMP2 与 GREM1 三者构成动态平衡分子网络，共同决定肿瘤的侵袭特性。

研究进一步在模拟人胰腺癌特征的基因工程小鼠模型中证实，使用靶向 SPP1 的单克隆抗体进行治疗，可显著抑制肿瘤生长与远处转移，延长生存期，展现出良好的临床转化前景。

该研究融合了临床医学、生物物理学与分子生物学等多学科优势，突破单一领域的认知局限，通过精巧的实验设计与模型构建，阐明了胰腺癌细胞命运的核心调控机制。这不仅深化了对胰腺癌生物学的理解，也为未来开发新型治疗策略提供了重要的理论与实验依据。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1038/s41586-025-09574-y

科研人员发现新型极低温磁制冷材料

本报讯（记者孙丹宁）近日，中国科学院金属研究所研究员李昺、中国科学院物理研究所副研究员项俊森等合作，发现了一种新型极低温磁制冷材料——铁磁性 NH_4GdF_4。该研究成果表明，铁磁性材料是推进极低温磁制冷技术的一条可行路线。相关论文发表于《美国化学会志》。

极低温制冷技术在量子计算、空间探测等高技术领域以及基础物理研究领域均起到不可替代的重要作用。目前，极低温制冷技术主要有 ^3He 吸附制冷、$^3He/^4He$ 稀释制冷和绝热退磁制冷。当前，全球范围内 ^3He 资源的严重短缺为极低温磁制冷技术的发展带来新机遇。尽管以镓酸钆石榴石晶体 $Gd_3Ga_5O_{12}$（GGG）为代表的一系列极低温磁制冷材料均已实现应用，但其反铁磁基态的物理本质决定了它们必须依赖超导磁体产生的高磁场。而超导磁体体积大且磁屏蔽系统极为复杂，为空间应用带来诸多挑战。

针对上述问题，科研人员一直致力于研制超低磁场驱动的磁制冷新材料。在前期研究中，团队发现了在 4K 温区具有优异性能的铁磁性 $LiHoF_4$ 晶体，其在 5kOe 磁场下磁熵变高达 16.7 J $kg^{-1}K^{-1}$。在此基础上，团队进一步发现了在极低温温区具有铁磁性的 NH_4GdF_4 材料，其各项性能大幅超越 GGG，为紧凑型、轻量化极低温磁制冷系统研发奠定了材料基础。NH_4GdF_4 在 Tc=0.85K 时发生铁磁性转变，其铁磁态具有大磁矩和低磁晶各向异性，可在小磁场下实现磁化饱和。

研究表明，NH_4GdF_4 有望取代 GGG 成为极低温温区磁制冷的新材料，并能够大幅减少制冷系统的体积和重量。

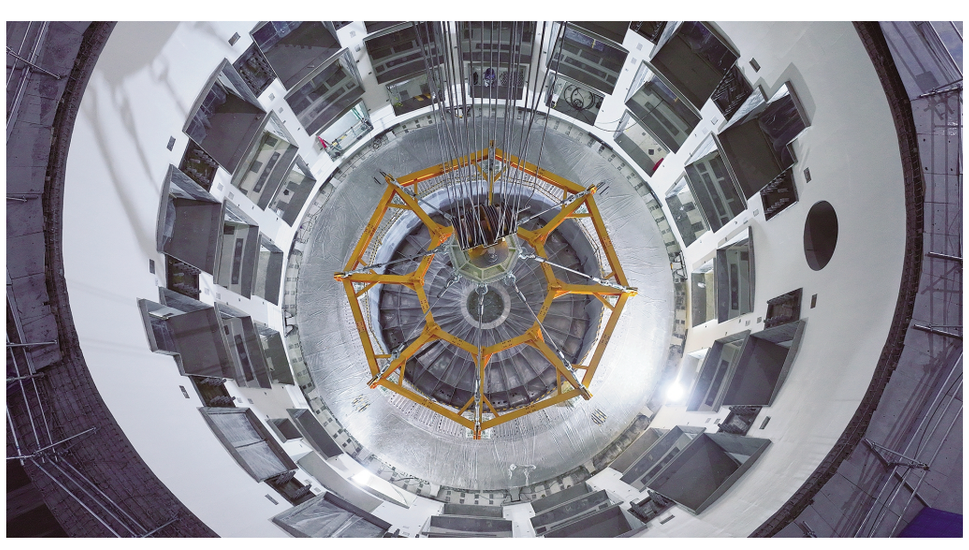
相关论文信息：

https://doi.org/10.1021/jacs.5c10979

我国紧凑型聚变能实验装置精准“落座”

本报讯（记者王敏）近日，位于安徽合肥未来大科学城的紧凑型聚变能实验装置（BEST）项目建设取得关键突破。BEST 主机关键部件——杜瓦底座研制成功并顺利交付，已成功精准落位安装在 BEST 主机大厅内。这标志着 BEST 项目主体工程建设步入新阶段，部件研制和工程安装全面开启“加速度”。

据介绍，杜瓦底座落位安装完毕后，主机核心部件将陆续进场安装。根据计划，BEST 将于 2027 年底建成。该装置建设的稳步推进，对于我国率先开展前沿聚变科学研究、验证未来聚变堆关键技术、持续引领国际聚变能发展具有重大战略意义。



BEST 建设现场，杜瓦底座成功落位安装（无人机照片）。　蔡其敏 / 摄

珍·古道尔留下的三项科学“遗产”

寰球眼

本报讯 近日，珍·古道尔研究会发布消息称，该机构创始人、英国著名灵长类动物学家珍·古道尔在美国加利福尼亚州演讲期间因自然原因去世，享年 91 岁。

据《自然》报道，最为人熟知的是，古道尔在坦桑尼亚贡贝国家公园对黑猩猩开展的长期研究。她是首位发现黑猩猩会制造和使用工具的研究者。此后，她成为动物福利、人权以及环境与物种保护的倡导者。1977 年，古道尔在美国华盛顿创立了非营利性野生动物保护组织——珍·古道尔研究会。

古道尔虽已辞世，但她留下了改变科学界的宝贵“遗产”。

首先，她是最早证明动物具有情感、同理心和文化行为的学者之一，而这些特质曾被认为是人类所独有的。

20 世纪 60 年代初，在英国剑桥大学读博期间，古道尔打破了用数字给动物编号的科学惯例，开始给它们起名字。她给一只面部有银色毛发的雄性黑猩猩取名为“灰胡子大卫”。当时，这一改变未得到一些资深科学家的认可，但如今，给动物起名已非常普遍。

“有人批评这种做法不够科学，但她证明了科学可以在不失严谨的前提下拓展边界。”美国佛罗里达国际大学的人类学家兼灵长类动物学家 Mireya Mayor 说，古道尔的研究改变了动物研究的方式。

此外，古道尔在贡贝国家公园的发现挑战了黑猩猩是食草动物的观点，证明了它们不仅会吃肉、狩猎，还会发动战争。

Mayor 表示，除了在灵长类动物学领域的研究外，古道尔留下的另一项“遗产”是激励一代又一代女性追随她的脚步投身野外科学研究。

古道尔是少数未获得学士学位就被剑桥大学录取攻读博士学位的学生之一，并于 1965 年完成博士学位的学习。“她证明了一位没有接受过正规科学训练的年轻女性，也能在科学领域有所斩获，并改变人们对动物的认知。”Mayor 说。

珍·古道尔在一家救援中心与一只幼年黑猩猩互动。

图片来源：Sumy Sadurni/AFP via Getty

澳大利亚国立大学的人类学家 Alison Behie 是受到古道尔激励的女性之一。“她来演讲的时候，我正好不太确定到底从事哪方面的科学研究。”Behie 说，在听了古道尔的演讲后，她把本科专业从微生物学转为人类学，并开始修读灵长类动物学和保护学课程。

2017 年，在古道尔访问澳大利亚期间，Behie 向她介绍了自己班上的 8 名女学生。“能让学生见到曾激励我走上这条道路的人，对我来说意义非凡。”Behie 说。

在 Behie 看来，古道尔之所以有如此大的影响力并且受到欢迎，是因为她让科学研究变得易于理解。这正是古道尔留下的第三项“遗产”——证明了研究人员可以成为科学倡导者和传播者。

古道尔十分重视年轻人，深知他们在传播中扮演关键角色。1991 年，古道尔发起面向全球青少年的环境教育项目“根与芽”，旨在激励年轻人参与保护工作。　（徐锐）