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 8812 期　2025 年 8 月 12 日　星期二　今日 4 版

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

科学家给药物研发装上“量子显微镜”

本报讯（记者王敏 通讯员陈友敏）中国科学家团队给药物研发装上了“量子显微镜”。近日，记者从安徽省量子计算工程研究中心获悉，本源量子计算科技（合肥）股份有限公司联合中国科学技术大学、合肥综合性国家科学中心人工智能研究院实现全球首个基于量子边编码技术的药物分子性质预测应用，并在中国第三代自主超导量子计算机“本源悟空”上完成真机验证。该技术为分子性质预测及药物研发开辟全新路径。

药物研发中，精准预测分子性质是快速筛选候选药物的关键。图神经网络方法用“图”结构理解药物分子：原子是“点”，化学键是“边”。已有的量子算法可以提升对“点”的处理能力，但对“边”无能为力，就像拼图缺失关键模块，始终无法完整呈现分子特性。

此次研究团队创新设计的量子嵌入图神经网络架构，融入全球首创量子边编码技术和量子节点嵌入模式，首次在量子层面实现原子与化学键的同步处理，大幅提升了对分子行为的预测精度，显著提升药物发现效率。目前，基于该技术的药物毒性预测真机应用已上线“本源量子计算云平台”。

“如果说传统图神经网络方法是‘望远镜’，那么融入全球首创量子边编码技术的量子嵌入图神经网络架构就是‘显微镜’，不仅能看清原子位置，更能清晰捕捉化学键的相互作用，让药物研发实现‘精准设计’。”“本源悟空”软件研制团队负责人窦猛汉介绍，“这一技术显著提升了关键药物性质预测准确率：HIV 抗病毒药物筛选准确率从 73%跃升至 97%，阿尔茨海默病药物预测准确率从 64%提升至 70%。”

他们给花朵“烫发”用机器人育种

有望为传统杂交育种节省巨额花费

■本报记者 冯丽妃

咬开一颗汁水饱满的西红柿，你会看到果肉间一颗颗芝麻粒大小的黄绿色种子。但你可能不知道，一粒高端番茄种子能卖到 15~20 元，一克种子约 200~300 粒，售价可达 4000 元，是黄金价格的 5 倍。

也很少有人知道，价格“比黄金还贵”的番茄种子，有 1/4 的成本花在了人工去雄、授粉等耗时耗力的杂交育种流程上，全球每年为此付出的劳动成本达 20 多亿元。而就全球杂交育种来说，这一高度重复性的流程耗费近千亿元。如何让这一过程变得更加智能、高效？这是全球科学家数十年来求解的问题。

8 月 11 日，中国科学院遗传与发育生物学研究所（以下简称遗传发育所）研究员许操团队与合作者发表在《细胞》的一项研究，为这一耗费千亿元的工作开辟一条新路：他们用基因编辑给番茄等作物的花朵“换造型”，让花朵变得对授粉机器人更加“友好”。他们还研制出世界首台自动巡航授粉机器人“吉儿”（GEAIR）。这位脚踩履带的“机器人育种家”，把杂交育种从弯腰弓背的苦差事变成机器 24 小时连轴转的轻巧活儿。

“这是一项激动人心的突破，基因编辑、人工智能和机器人技术的结合，将引领植物育种的巨大飞跃。”《细胞》国际审稿人如是评价。

千亿元卡在小花里

“你看看这两朵番茄花。”位于北京奥运村的遗传发育所办公室内，许操指着电脑屏幕上的番茄花形态图对《中国科学报》记者说。

跟着许操的讲解，可以看到其中一朵淡黄色的花朵柱头外露，雄蕊低伏在柱头的周围，而另一朵花则柱头内缩，被雄蕊紧紧包裹在内部。

许操介绍，野生番茄原本柱头外露，靠蜜蜂、蝴蝶等昆虫传粉，遗传多样性丰富。人类在驯化番茄的过程中，为了保证品种纯正，选择了柱头内缩、自花授粉的突变体。但这个“优点”却成为现代杂交育种的“枷锁”。

由于柱头内缩的植物很难获得外来花粉，甚至完全被雄蕊“锁在闺房”，与外来花粉绝缘，农民想要育出杂交种，就得先“开锁”——拔去雄蕊后再授粉。这个过程需要熟练工人操作，效率低、成本高，是全球育种行业的“卡脖子”难题。以番茄为例，相关人工费用可占总育种成本的 25%以上，仅人工去雄一项就占番茄杂交授粉成本的 40%。

北京首农产业园内，自动巡航授粉机器人“吉儿”正在工作。　受访者供图

“去雄时，工人要用手轻轻剥开花瓣，把雄蕊摘除，不能碰伤柱头、伤到胚胎。他们得弯着腰挨个给直径只有 1 厘米的花去雄、授粉，有时眼睛都看花了。”许操说，“而且操作的窗口期极短，要在雄蕊未释放花粉前将其摘除，否则无法实现杂交。”

问题更严峻的是大豆。因为大豆花更小，雄蕊像贝壳一样完全闭合，没有丝毫缝隙，而且大豆植株较矮小，工人操作时得蹲着，用镊子一点点剥。“大豆杂交种增产潜力超 30%，但因为人工育种成本太高，至今无法推广。”许操说。

2017 年，许操回国到遗传发育所建立实验室之初，曾跑遍北京郊区，听到农民抱怨：“工人难雇，成本越来越高。天气不好，授粉的熊蜂都不出巢，还得人工补粉。年轻人谁愿意干这个？”

农民们抱怨的问题成了许操的研究“课题”。从那时起，许操就坚定地认为：“农业研究不能‘两脚不沾泥’——就像炒菜得有‘锅气’，农业研究也得有‘土气’，要能解决真问题。”

植物开了“门”

如何打开“枷锁”？一开始，许操的想法是让机器人“撬锁”——识别花朵、去掉雄蕊、精准授粉。但试了半年，他们失败了。这件事就像给花朵动手术，但与医学上的手术机器人仅在一个地方进行微观操作不同，大棚里的机器人需要不断移动，加之花朵小而复杂，机械臂很难操作。

思来想去，许操决定“反向破题”：让植物自己“开门”。“机器人时代的作物，就该有机器人时代的花型！如果让作物性状朝前走一步，长出雄性不育的花朵；然后机器人再跟进，完成授粉，或许能实现目标。”

实际上，找到柱头外露、雄性不育的性状，是育种学家梦寐以求的愿望。一直以来，国内外很多科学家都在尝试通过自然变异或大规模遗传诱变获得理想花型，但这些方法难度大、周期长。即便得到了材料，也需经年累月的杂交才能将有效基因导入目标材料。

许操带领团队决定另辟蹊径，利用基因编辑技术这一新利器定制理想性状。他们的想法源于植物遗传发育学领域著名的“ABC 模型”：植物花器官的发育由 A、B、C 共 3 类基因控制，其中 B 类基因控制雄蕊的发育。“如果能够精准调控 B 类基因，是不是就能给雄蕊变个形？”许操说。

他把这个艰巨的任务交给了“大弟子”谢跃。这位来自云南的博士生一头扎进实验室，给芝麻粒大小的种子“做手术”，进行基因编辑，然后让其萌发和生长。2019 年的一天，科研大楼旁的温室里，一株番茄开花了：雄蕊“像烫过的卷发”般裂开，柱头光秃秃地探在外面。这正是育种家翘首以盼的“结构型雄性不育系”！

当时，课题组成员心里都乐开了花。谢跃带着刚入组的师弟张廷浩跑到温室看花：“快看我们的‘大熊猫’！”

“大熊猫”里藏着关键突破：研究团队并未敲除 GLO2 基因，而是精准编辑了它的非编码区，从而让雄蕊卷曲开裂，花粉败育，柱头自然外露。更令人惊喜的是，这一性状在 512 个番茄品种中均能稳定再现，且坐果率、种子质量不受影响。“这就像给头发烫卷，只改变造型，不影响头发生长。”许操比喻道。

（下转第 2 版）

研究人员发现

具备高度种属特异性的抗菌蛋白

本报讯（记者刁雯蕙）南方科技大学副教授傅旸团队在 VI 型分泌系统（T6SS）抗菌效应蛋白（以下简称抗菌蛋白）介导微生物竞争机制研究领域取得进展，发现了具备高度种属特异性的 T6SS 抗菌蛋白 TseVs。相关成果近日以封面文章形式发表于《细胞－宿主与微生物》。

弧菌属细菌广泛存在于海洋及河口三角洲环境，包括大量环境致病菌和高毒性致病菌，与人类健康和食品工业安全息息相关。随着抗生素耐药问题日益严峻，急需新的抗菌机制和技术研究解决耐药和无药可用的问题。

为此，研究团队另辟蹊径，从物种竞争角度出发，对自然生态域分离得到的霍乱弧菌无害环境菌株进行研究。他们发现，部分无害环境菌株具备活跃的 T6SS，并携带一种弧菌种属特异性抗菌蛋白 TseVs。这种蛋白依赖于细菌 T6SS 进行跨膜递送，进入敏感弧菌细胞中产生显著杀菌效果，且在宿主体内和自然环境中均可实现对敏感弧菌的高效清除。

TseVs 蛋白通过其富含“甘氨酸拉链”结构的跨膜螺旋区，在弧菌属细菌细胞内、外膜上形成二聚体并打出跨膜孔道，这些孔道允许钠离子进入和钾离子外泄，从而特异性破坏了敏感弧菌的胞膜离子稳态，进而干扰能量供应系统导致细胞死亡。而非弧菌属的细菌能依靠自身膜电势系统回补 TseVs 蛋白孔道产生的离子稳态失衡，从而为自己提供保护且不依赖 TseVs 特异性免疫蛋白 TsiVs 的保护。

生物信息学分析显示 TseVs 蛋白基因主要分布于无害环境弧菌中，并在全球多地生态样本中呈显著进化扩张趋势，揭示了该蛋白在细菌种群竞争中发挥重要的功能。

当期封面。　研究团队供图

该研究拓展了人们对 T6SS 介导微生物竞争机制的认知，并为精准抗菌策略提供了理想范式。TseVs 具备物种选择性强、杀伤效率高、不易产生耐药性、不易通过水平基因重组转移等多重优势，有望成为合成生物学中可工程化的抗菌模块。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1016/j.chom.2025.06.001

新策略实现

金属－有机框架膜快速“定制”

本报讯（记者孙丹宁）中国科学院大连化学物理研究所研究员杨维慎、彭媛团队开发了一种便捷的触发式界面反应策略，实现了二维金属－有机框架膜（MOF 膜）的快速制备及高效气体分离。相关成果近日发表于《国家科学评论》。

MOF 膜因其高度可调的孔道结构、超高的孔隙密度、纳米级的厚度，有望成为兼具高选择性和高渗透性的理想材料，推动工业分离技术革新。然而，现有制备方法步骤繁琐，耗时长达数十小时甚至数天，制膜效率极低，限制了这类膜材料的进一步发展。如何面向重大工业分离应用需求，快速构建具有高效分离性能的超薄 MOF 膜仍面临挑战。

研究团队在前期研究的基础上，开发了一种触发式空气－水界面配位组装方法。该方法仅使用微升量级有机配体投料量，在 30 分钟内即可获得超薄、大面积连续、无缺陷的二维 MOF 纳米膜，提升了 MOF 膜制备的时效性和经济性，同时实现了氢气 / 二氧化碳的高选择性、高渗透率和稳定分离。

该方法具备高度可拓展性，团队通过不同金属离子与有机配体的灵活组合，构筑了 12 种具有不同框架结构和孔道环境的 MOF 纳米片。

该研究为面向应用的 MOF 纳米片和超薄二维 MOF 膜的定制化制备提供了新思路，可满足不同应用场景下的高性能分离需求。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1093/nsr/nwaf301

近日，大连理工大学教授方旭团队研发的“星海一号”水空两栖电动垂直起降飞行器（eVTOL）首飞测试成功。

传统的电动垂直起降飞行器着重于地面起降以及空中飞行中的特性进行研发。方旭团队为垂直起降飞行器增加水面起降及航行的功能，为其在海上作业提供解决方案。

“星海一号”飞行器采用四轴八旋翼的动力布局，飞行器的 8 个旋翼累计可输出 320 千克以上的升力，在除去自身质量约 135 千克后，可以达到 185 千克以上的载重量。

图为“星海一号”飞行器。

本报记者孙丹宁报道

大连理工大学供图

定了！

我们的国家公园有了“产权证”

据新华社电 自然资源部 8 月 11 日宣布，我国首批 5 个国家公园全部完成确权登记。大熊猫、东北虎豹、海南热带雨林、武夷山和三江源国家公园都有了“产权证”。

这“产权证”不一般，经国务院授权，由自然资源部委托，行使所有权的是中央人民政府或受委托省级人民政府。

海南热带雨林国家公园总面积 4268.54 平方公里，海南省人民政府代行全民所有自然资源资产所有者职责；武夷山国家公园总面积 1280.41 平方公里，福建、江西省人民政府代行职责；大熊猫国家公园总面积约 2.2 万平方公里，由陕西、甘肃、四川三省人民政府分别代行职责。作为目前最大的国家公园，三江源国家公园总面积约 19.07 万平方公里，青海省人民政府代行职责。

作为唯一由中央人民政府直接行使所有权的国家公园，东北虎豹国家公园总面积 1.41 万平方公里，自然资源部（含国家林草局）履行所有者职责。

通过确权登记，国家公园“四至”范围在国土空间精准落地，明确各类自然资源资产产权主体，界定不同层级政府行权范围，厘清所有者、监管者及其责任，为国家公园管理提供产权支撑。

划清四个“边界”，即全民所有和集体所有之间的边界，全民所有、不同层级政府行使所有权的边界，不同集体所有者的边界，不同类型自然资源的边界并建立数据库，为相关资源资产处置配置、有偿使用、收益管理提供权责依据。

既向管理提供产权依据，又要让农民群众获益。

海南热带雨林国家公园核心保护区涉及整体生态搬迁，探索出土地权属置换路径，实行迁出地与迁入地的土地所有权等价置换，维护农民利益。在大熊猫国家公园，集体所有资源通过“村集体＋合作社”模式开展林下经济，让村民在守住生态红线中获益。

自然资源“办证”不止于国家公园。从国际重要湿地到大江大湖、国家重点林区，确权登记在全国星火燎原、明显提速。

这是绿水青山的“户口本”，也是政府依法管理的“产权证”。

自然资源部自然资源确权登记局局长胡善顺说，“十五五”期间，我国将基本完成新设立国家公园、国际和国家重要湿地、重要河流湖泊等登记，有序推进自然保护地、国家重点林区、探明储量的矿产资源、海域和无居民海岛等登记，更好服务于生态产品价值实现、自然资源资产清查、生态保护补偿等工作。

（王立彬）

科学家谴责特朗普团队气候报告“篡改科学和历史”

寰球眼

本报讯 美国能源部日前发布的一份报告称，全球变暖“对经济造成的损失比人们普遍认为的要小”。而在一些科学家看来，这份报告歪曲了几十年来的气候科学常识。

据《自然》报道，一些科学家认为，这份报告是由一小群质疑气候变化科学共识的学者撰写的，旨在推翻 2009 年一项关于温室气体危害公共福利的政府裁决。

2007 年，美国联邦最高法院作出裁决，认定温室气体属于空气污染物，并命令美国环境保护署确定排放是否危害公众。2009 年，在时任美国总统奥巴马的领导下，美国环境保护署发布了“危害性认定”，确认二氧化碳等温室气体威胁公众健康和福祉。奥巴马政府随后以这一裁决为基础，对汽车、发电厂等实施减排措施。如今，在曾称气候变化为“骗局”的美国总统特朗普的领导下，美国环境保护署欲支持相反立场，推翻上述认定。

美国亚利桑那大学的生态学家 Scott Saleska 认为，为支持美国环境保护署推翻“危害性认定”，美国能源部的报告一方面在某些方面夸大了气候变化的不确定性，另一方面过于重视那些“在气候变化大局中其实没那么重要”的科学结论。

一些研究人员表示，在讨论海平面上升、海洋酸化和极端天气等问题时，该报告忽略了整个领域的大量证据。他们还认为，在一些问题上，该报告引用了最新的科学文献，却曲解了其含义。

“我惊呆了。”曾在美国能源部劳伦斯·利弗莫尔国家实验室工作 30 年的气候科学家 Benjamin Santer 说，“这是对科学和历史的篡改，我们必须作出回应。”

美国能源部拒绝就报告本身置评，但一位发言人表示，该报告的 5 位作者是由美国能源部部长招募的，他们“代表了多样化的观点和政治背景，并且都是备受尊敬、值得信任的人”。这位发言人补充说，该报告在机构内部经过了审查，现在请“科学界和公众进行更广泛的同行评议”，意见征集将于 9 月 2 日结束。

报告的 5 位作者向《自然》作了书面回应。他们写到，他们“致力于就气候变化进行透明、基于事实的对话，并且认可科学的批评和反驳是这一过程必不可少的。但富有成效的科学讨论必须围绕具体问题展开，而不是泛泛而谈”。他们表示，将公开回应“所有严肃的科学评论”，并在必要时修改报告。

美国哥伦比亚大学萨宾气候变化法律中心主任 Michael Gerrard 表示，即将到来的关于“危害性认定”的博弈不仅取决于科学证据。

“科学家正在做的事情是有益且有价值的。”他说，“但并不起决定性作用。”（文乐乐）