



听(中国科学报)

《中国科学报》官微

科学网 App

科学网官微

# 强强联手！他们探索“AI + 高能物理”新可能

■本报记者 赵宇彤

北京市玉泉路北京正负电子对撞机园区附近的会议室，近两年每月都会召开一场特别的组会。会议桌的两边各坐着一支中国科学院研究团队：一边是从事高能物理研究的实验团队，另一边则是开展人工智能(AI)研究的专业团队。

这是一场高能物理与 AI 技术的碰撞。会议召集人是中国科学院大学(以下简称国科大)物理科学学院教授吕晓睿、电子电气与通信工程学院教授叶齐祥。

高能物理与 AI 两个看似遥远的学科在这里打破边界、紧密结合。在中国科学院与财政部联合启动的“稳定支持基础研究领域青年团队计划”(以下简称“青年团队计划”)支持下，吕晓睿团队开发的数据与智能驱动的新一代科学模型和算法，为解决高能物理领域长期悬而未决的科学难题开启了一扇新窗口。

## 挑战不可能

从事高能物理研究的数年间，吕晓睿心里始终放不下一道难题：在高能物理实验中进行中子动量重建。

“中子是一种不带电的中性粒子，穿透性极强，无法像带电粒子那样被直接捕捉和追踪。”吕晓睿解释道，“而且，传统数据分析手段难以高效、准确地测量中子能量。”

随着 AI 技术的广泛应用，吕晓睿有了新的思路——利用先进的 AI 技术，或许能加速高能物理实验研究的效率提升和范式革新。

他找到“老朋友”、同为中国科学院青年创新促进会会员的叶齐祥。两人一拍即合，决定从 AI 的视角重新审视这一长期被视作“不可能完成的任务”。

然而，在高能物理与 AI 的前沿交

叉领域，研究周期长、不确定因素多，出成果较慢。短期内能不能发论文？没有成果，靠什么得到项目支持？这些现实问题，光靠两个年轻团队的努力无法解决。吕晓睿一时陷入迷茫。

2021 年，中国科学院与财政部联合启动的“青年团队计划”，在申请时不唯“帽子”，也不论资排辈，鼓励青年团队瞄准科学前沿重大问题，开展建制化、定向性基础研究。该计划每年围绕“从 0 到 1”原始创新、关键核心技术的源头科学难题发布问题清单，对申请成功的团队给予持续 5 年的稳定支持，且没有频繁的考核。

2024 年，该计划针对传统科学研究范式难以处理高维复杂系统、海量科学数据利用不充分、现有 AI 模型可解释性与泛化能力不足等问题，凝练出“数据与智能驱动的新一代科学模型和算法”，旨在构建科学启发与智能学习的新一代科学模型与算法，突破复杂系统高效处理与规律发现瓶颈，推动科研范式向数据与智能双驱动转型，为多领域基础研究提供共性支撑，实现原创性、引领性科学突破。

这让迷茫中的吕晓睿看到了曙光。“如果能申请到这个项目，大家就不必再被迫将精力分散到频繁申请短期经费，或追赶热点、快速发表成果的事务上。”吕晓睿说。

于是，吕晓睿和叶齐祥的两支团队决定联手，从高能物理与 AI 交叉融合的角度“破题”。“高能物理和 AI 其实有着天然的合作机缘。”吕晓睿解释说，高能物理实验中会产生海量数据，而对 AI 大模型而言，数据越多，越能发挥大模型的优势。

更令吕晓睿感到振奋的是，“青年团队计划”的评审机制摒弃了以职称、

从业年限或过往头衔为核心的旧有评价体系，不再将资历深浅作为判断依据”。吕晓睿说，他们靠着扎实的基础和清晰的研究思路，在激烈的角逐中最终打动评委，成功入选。

在该计划的稳定支持下，基于中国科学院的高水平科教融合平台，他们大展身手，共同探索搭建“物理规律嵌入的人工智能基础模型”。

他们发现，基于北京正负电子对撞机进行的北京谱仪 III 实验，恰好能成为探索的抓手。“北京谱仪 III 实验在高度受控的碰撞环境中积累了海量数据，其中部分物理过程无需直接测量中子，便可反推出其产生时间、能量、飞行方向等信息。”吕晓睿说，“通过该方法，我们标记了上千万个高质量的中子样本。”

“利用这一模型，我们对实验数据进行训练与推理，第一次实现了电磁量能器中反中子的直接重建，显著增强了实验对相关物理过程的解析能力。”吕晓睿说，“AI 模型的位置分辨率相对传统方法最高提升 96%，动量分辨率在 1 吉电子伏特处能达到 17%，而传统方法对此无能为力。”

## 跨界“强强联合”

“AI + 高能物理”的跨界合作，并不是件容易事。起初，他们也经历了一段磨合期。

“首先要理解对方的‘语言’。”吕晓睿解释说，“高能物理实验里存在许多专有词汇，AI 模型的内源合成能力，也需要对实验数据进行描述和转化，这些都需要我们反复沟通交流。”

此外，双方的工作模式也有“时差”。在高能物理实验中，往往是少则二三百人、多则上千人的大型合作组，需

要共同遵循相应规则完成成果研究。而对 AI 团队来说，可能只需要几个人就能完成一个项目的开发和测试，工作节奏相对更快。

经过半年的磨合，双方团队适应了彼此的节奏。在执行“青年团队计划”的过程中，团队没有了发论文、筹经费的压力，更专注于真正重要的科学问题，甚至主动选择攻克那些前期探索性强但短期难以发表论文的“硬骨头”课题。

在此过程中，吕晓睿发现，不少成员也逐渐萌生了对对方学科的兴趣，决定在“AI + 高能物理”前沿交叉领域开展更多探索。

吕晓睿的博士生、国科大物理科学学院特别研究助理孙昊就是其中之一。

“这两年，我深刻感受到 AI 正在从根本上改变高能物理大装置的整个科研流程。”孙昊告诉记者，大科学装置的建设、运行和科研工作中蕴含丰富的科学和技术课题，包括 AI 应用在内，众多大科学装置催生的技术和方法有了越来越多的用武之地。

这些在“青年团队计划”中成长的年轻人，逐渐释放出蓬勃的活力与创造力。

“我们也在给 AI 出难题，比如怎么让 AI 严格遵循物理定律，怎么让 AI 直接发现新粒子、新规律等。这些难题也将赋予 AI 新的能力，催生突破注意力机制、物理定律启发、具有可解释性的信息基础模型。”孙昊说。

(下转第 2 版)

## 磁场可“重启”镍氧化物超导

本报讯(记者朱汉斌)香港城市大学副教授李丹枫团队与合作者，首次在“无限层镍氧化物”超导体中观测到由强磁场引发的“重入超导”现象，即超导性在强磁场下先被抑制，而后重新出现。该发现颠覆了“磁场必然破坏超导”的传统认知，为非常规超导机理与新型超导材料研究提供了新方向。相关研究成果近日发表于《自然》。

在常规理解中，磁场与超导性“水火不容”——磁场会破坏超导态，使材料失去零电阻特性。然而，极少数特殊材料在极强磁场下反而能恢复已消失的超导电性，这一反常现象被称为“重入超导”。

研究团队通过精确调控掺入稀土元素铕(Eu)的无限层镍氧化物，发现随着磁场强度逐步升高，超导性首先被抑制，随后在更高磁场区间再次出现，形成“超导—正常态—超导”的奇异转变。

与以往报道的重入超导体系相比，镍基体系表现出极为显著的稳定性。传统重入超导对磁场角度高度敏感，通常仅在约 2 度至 10 度的极窄

角度窗口内出现。而研究表明，该镍氧化物体系的重入超导在 0 度至 90 度宽广角度范围内均可稳定存在。此外，该现象在强磁场下具备良好的鲁棒性：当磁场超过 15 特斯拉(约为地球磁场的 30 万倍)时，超导态重新建立，并在更高磁场环境中维持。

这一行为表明，经典的“磁场抵消机制”不足以解释其物理本质。研究结果提示，磁性相互作用在特定条件下并非破坏因素，反而可能成为促进电子配对、稳定超导态的关键驱动力。

自 2019 年无限层镍氧化物超导体首次被发现以来，因其电子结构与铜基高温超导体相似，一直是物理学界的研究热点。李丹枫表示，此次研究在较高转变温度的氧化物体系中实现了类似重费米子超导体的奇异量子态，成功架起了连接高温超导与重费米子物理的桥梁，不仅加深了对磁场与超导共存微观机制的理解，也为设计新型非常规超导材料提供了新思路。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10547-y>

## 科学家在玻璃材料中发现姆潘巴效应

本报讯(记者张楠 通讯员黄莎莎)“热水比冷水更快结冰”这一反直觉现象，是跨越 2300 多年的“未解之谜”。亚里士多德曾在《气象学》中记录了古人利用热水更快结冰的现象，以固定桅杆的方法。1960 年，坦桑尼亚中学生 Mpemba 发现热牛奶可以更快冷冻形成冰激凌，从此，这个反直觉的现象被称为姆潘巴效应(Mpemba effect)。近日，中国科学院宁波材料技术与工程研究所研究员宋丽建、霍军涛等人，对比研究了不同玻璃材料的能量老化弛豫过程，发现玻璃材料中也存在姆潘巴效应。相关成果日前在线发表于《物理评论快报》。

姆潘巴效应的可重复性一直存在争议，其诱发机制尚不清楚。近期研究发现，姆潘巴效应并不仅仅存在于水中，在自旋玻璃、颗粒系统、量子系统等非相变弛豫过程中同样存在。

由于水结冰形核过程是一级结构相变，存在较强随机性，这导致其重复性较差。玻璃材料老化过程不存在一级相变，排除了随机核的影响，成为研究姆潘巴效应普遍性的理想材料模型。

团队利用高精度纳米差扫描量热仪 Flash DSC 测量了非晶合金、高分子玻璃和小分子玻璃在单步等

温退火及先高温后低温的双步退火条件下的热流变化，发现高温退火后，虽然玻璃的初始能量更高，但其能量降低得更快，甚至超越了初始能量更低的样品。这表明玻璃材料能量老化弛豫过程中存在类姆潘巴效应。

经典理论模型认为，玻璃的老化过程是单一弛豫过程，即高能玻璃达到相同能量状态所需时间比低能量玻璃更长。该研究发现的姆潘巴效应则打破了这一常识性认识。

研究团队通过分析不同退火条件下的热流弛豫峰，发现其快速老化过程源于双步退火重新激活势垒更低的  $\beta$  弛豫过程，且  $\beta$  弛豫的焓变越高，其能量老化弛豫速率越快。

姆潘巴效应与科瓦奇记忆效应(Kovacs effect)作为玻璃材料中典型的非平衡弛豫现象，均涉及两步退火过程。先低温后高温退火可以诱发科瓦奇记忆效应，而先高温后低温退火则诱发姆潘巴效应，这说明两个退火温度之间具有不可互异的属性。尽管有关不同模式弛豫子的相互作用仍需要更加深入的研究，但新研究为精准调控玻璃能量、优化热处理以及解决器件散热问题提供了新视角。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1103/znc5-brc6>

## 亚洲首个合成细胞技术路线图发布

■本报记者 刁曼蔓

5 月 26 日，由中国科学院深圳先进技术研究院(以下简称深圳先进院)研究员刘陈立领衔，来自中国、日本、韩国、新加坡、马来西亚、泰国等亚洲 6 国的 100 多个实验室，在《自然-生物技术》上联合发表最新文章，并发布亚洲首个合成细胞 10 年技术路线图。

文章聚焦“人工合成单细胞生命”这一世界科学前沿问题，规划了亚洲未来 10 年攻关合成细胞的发展方向，系统梳理了构建合成细胞面临的四大核心挑战，并提出分阶段目标。

通讯作者刘陈立表示，该技术路线图将推动合成细胞研究从模块化探索迈向系统化整合，并作为理论基石，促进定量合成生物学、人工智能(AI)与生物制造等领域的深度融合，为合成生物学与未来生物技术的发展开辟全新路径。

## 直面基础研究“无人区”

从零开始，利用磷脂、蛋白质、DNA 等生物大分子“自下而上”人工构建单细胞生命，是生命科学最具挑战的科学目标之一，也是人类掌握生命底层设计法则的重要检验。

过去几十年间，全球合成细胞研究格局逐步形成。欧洲的 MaxSynBio、BaSyC、EVOLV、美国的 Build-a-Cell 等项目在合成细胞各功能模块的研发中均取得进展，然而如何将各功能模块整合为完整细胞，仍是全球尚未突破的重要瓶颈。在亚洲，尽管中国、日本、韩国及新加坡等国在合成细胞研究方面各具优势，但长期缺乏有效协同，未能形成合力。

在攻克这一瓶颈问题时，定量合成生物学提供了重要的理论指导。刘陈立告诉《中国科学报》，简单来说，他把生命科学从“大致差不多”的定性描述，升级为像物理和化学那样“能算、

能量、能预测”的定量科学，不仅能调控细胞内的基因表达与蛋白质合成等，还能用数学模型推演这些过程如何共同决定细胞的行为。正是依托这一理论支撑，该技术路线图系统规划了从零散功能模块到合成细胞的理性构建路径。

为汇聚亚洲优势力量开展协同攻关，2023 年，刘陈立倡议并牵头，亚洲 6 国科学家联合正式成立“亚洲合成细胞联盟”。联盟成员在凝聚共识、明晰路径的背景下首次绘制出该技术路线图。“具体而言，我们在技术路线图中提出了构建合成细胞所面临的四大核心挑战，分别是代谢连续性、核糖体自主再生、模块设计规则缺失，以及时空协调机制复杂。”文章第一作者、深圳先进院研究员戴卓君介绍。

为应对这些挑战，技术路线图提出了一种以跨境协作、基础设施共享与开放标准为特征的新型研究范式，构建起以 AI 驱动的生物铸造厂为核心、采用“中央工厂+分布式工作站”跨国协作模式的研究架构。

据戴卓君介绍，该架构包含统一制备标准化底盘与试剂，形成闭环的“设计—合成—测试—学习”循环，并依托“单合成细胞组学”为机器学习提供高维数据支撑。在理论方法层面，技术路线图主张融合基于机制理解的“白箱模型”与数据驱动的“黑箱模型”，以系统揭示合成细胞的设计约束。同时，针对模块间互作的不可预测性，提出通过对跨尺度涌现功能进行高通量人工选择，为构建复杂细胞开辟了全新的方法论路径。

基于以上思路，技术路线图进一步提出跨度为 10 年的“原始细胞到自主细胞”两阶段推进路径。

第一阶段的目标是构建“原始细胞”，确立稳定的磷脂囊泡结构，含至少

200 个基因的最小基因组，≥90%的蛋白质由无细胞转录翻译系统表达，并具备关键代谢物的内源合成能力，同时构建其“数字孪生”模型，探索力学信号与生化信号如何协同调控细胞分裂。

第二阶段迈向“自主细胞”，核心是实现内源性、基因组编码的核糖体再生系统，使合成细胞摆脱外源表达依赖，具备真正的自我复制能力。自主细胞需完成 10 次以上连续、协调的生长—分裂周期，具备在环境选择压力下的演化能力，并能涌现出群体行为。

## 集合力量构建国际合作网络

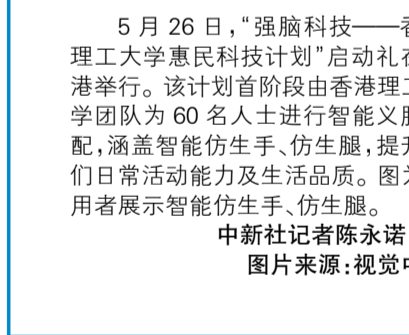
2023 年，依托中国科学院建制化优势，刘陈立团队聚焦“人工合成单细胞生命”这一重大科学问题展开有组织攻关。团队注意到，亚洲各国在合成细胞研究领域展现出高度互补的技术优势。

刘陈立表示，中国建立了大规模生物铸造厂和合成生物学定量建模框架；日本在重构中心法则系统方面处于国际领先地位，开发了 PURE 系统及核糖体组装技术；韩国与新加坡则在 AI 驱动的代谢原型构建和自动化 DNA 合成方面具有突出优势。然而，区域内相关力量长期缺乏有效、系统的整合与协同。

基于此，亚洲合成细胞联盟于 2024 年 4 月在深圳举办首届合成细胞亚洲研讨会并签署合作备忘录，标志着亚洲合成细胞研究合作网络的正式建立。2025 年，合成细胞亚洲研讨会再次于深圳召开，联盟成员围绕模块构建、整合与标准化接口等关键议题达成多项实质性共识，推动技术路线图向具体实施方案加速落地。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41587-026-03153-w>



5 月 26 日，“强脑科技——香港理工大学惠民科技计划”启动礼在香港举行。该计划首阶段由香港理工大学团队为 60 名人士进行智能义肢适配，涵盖智能仿生手、仿生腿，提升他们日常活动能力及生活品质。图为使用者展示智能仿生手、仿生腿。

中新社记者陈永诺/摄

图片来源：视觉中国

## 美国 CDC 实验猴“退休”计划引争议

次终止其内部非人灵长类动物研究项目。科学家希望这些实验猴要么被转移到其他生物医学机构继续用于相关研究，要么在 7 个国家灵长类动物研究中心之一“退休”，因为这些中心在饲养实验猴方面经验丰富。

去年 10 月，CDC 联系了“和平”灵长类动物庇护所。这是北美最大的猴类庇护所之一，在接纳实验动物方面历史悠久。该庇护所负责人 Scott Kubisch 非常期待能接收这些猴子，并估算这将耗资 1400 万美元，且需要至少 1 年的准备时间。但此后他再未收到任何消息，直到不久前看到 CDC 发布的公告。

公告显示，CDC 将向“生而自由”的保护区转移 162 只恒河猴和豚豚猴。该保护区位于距离墨西哥边境不远的科拉图拉，这是一片 70 公顷的灌木丛地带，目前生活着约 250 只不同种类的灵长类动物。

CDC 未向其他灵长类动物收容机构征集报价，公告也未明确说明动物转移或长期照料的具体费用及资金来源。Kubisch 对此感到很突然，他质疑 CDC 的调研是否全面。“我并不想说选择‘生而自由’是错误的，但 CDC 没有给我们其他人提出合理方案的机会。”

2025 年 11 月，CDC 决定逐步停止所有猴类研究——这是美国政府机构首



“强脑科技——香港理工大学惠民科技计划”启动礼在香港举行。该计划首阶段由香港理工大学团队为 60 名人士进行智能义肢适配，涵盖智能仿生手、仿生腿，提升他们日常活动能力及生活品质。图为使用者展示智能仿生手、仿生腿。

中新社记者陈永诺/摄

图片来源：视觉中国

他指出，CDC 的猴子习惯独自生活或成对生活，而“生而自由”的动物则生活在由数十只个体组成的大型群落中。“要让动物融入大型、稳定的群体，同时又不让它们受伤或死亡，是非常困难的。”此外，“生而自由”不受美国农业部(USDA)监管，USDA 会进行定期检查并执行联邦福利准则。

CDC 表示，选择“生而自由”的一个主要原因是，该保护区能够迅速接收这些实验猴，仅需 12 周即可建成必要的基础设施。但 Kubisch 表示，这么短的时间安排很“荒谬”，尤其是考虑到可能需要额外招聘人员来照料这些动物。



WNBRC 饲养的豚豚猴。

图片来源：WNBRC