30位年轻人组成“漫威”小队，攻克世界物理难题

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/38093.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

30位年轻人组成“漫威”小队，攻克世界物理难题
。2025年国庆假期，中国科学院大学（以下简称国科大）副校长郑阳恒教授家的院子里，传出一阵爆笑声。

一颗熟透的柿子毫无预兆地精准砸在他团队博士生易涤凡的头上，汁水溅了一身。大家愣了几秒钟，随即哄笑，有人打趣道：“涤凡，你这是要有好‘柿’发生呐。”

晚上回到宿舍，易涤凡打开电脑，一封来自《自然》杂志的邮件静静躺在收件箱里：团队关于首次直接观测到米格达尔（Migdal）效应的论文，被接收了。

这一刻，距离苏联物理学家米格达尔提出那个惊人的构想，已经过去了整整86年。

2026年1月15日，历时近两年，这项由国科大牵头，联合多所高校团队协同攻关的科研成果，正式刊发。

郑阳恒欣慰极了：“这是一群聪明的孩子带着老师做出来的成果。”

“没人看到过，我们能不能去看看呢？”

“这个成果，其实是我们‘沿途下蛋’，下出了一个超出预期的蛋。”郑阳恒说。

故事的起点，要回到2021年，当时团队正推进一项中微子实验，为了排除干扰，他们需要列出一份可能冒充中微子信号的“假信号清单”。

米格达尔效应，这个1939年的古老预言，就在这份“待排除”清单上。理论认为，当一个原子核突然受到撞击而发生反冲时，由于原子核运动得太快，核外的电子云往往“反应不过来”，这种滞后会导致电子有概率被瞬间“甩”出去。

在物理学界，它像是一个游荡了八十多年的“幽灵”。理论上它应该存在，但现实中它太微弱、太罕见，从未有人真正目睹过那一瞬间。

“假信号排除的结论让人松了一口气，米格达尔效应不会成为中微子实验的障碍。”国科大教授

刘倩回忆，但那次顺手排查点燃了大家的好奇心，“ 理论告诉人们它在那里，但它长什么样，没人看到过，我们能不能去看看呢？ ”

要让这一效应显形，关键是把极微弱的电子信号从复杂背景中分离出来。团队调研发现，多年来，全球多个顶尖实验室曾尝试捕捉它，例如，此前英国团队曾尝试用光学成像的办法让这一效应显形，即利用粒子撞击气体发光，再用工业相机“ 拍 ”下来，但所有尝试都折戟沉沙。

“ 英国团队用来捕捉米格达尔效应的办法，代价巨大。 ”刘倩解释。为了让光足够亮，必须使用极高压的纯四氟化碳气体，这就像在实验室里伺候一个脾气暴躁的巨兽，稍有不慎就会放电、打火，实验环境极其不稳定。

刘倩和博士生易涤凡，想到了另一条实验思路：放弃光学成像，转而利用电子成像，让电子信号在精密像素读出芯片上直接留下痕迹。

不过，这种思路的实验难度，依然不算小。它不仅要求实验团队能激发出这一效应，还要求团队有足够厉害的“ 眼睛 ”，识别出这一效应。正因如此，他们的实验思路，一直处于设想阶段。

转机出现在华中师范大学的一场学术年会上。当时，刘倩带着易涤凡参会，并在报告中抛出了这份好奇和他们的实验思路。讨论越往下走，一群人越激动。掌握着核心芯片的华中师大团队，在相关探测器方向积累多年的广西大学团队，都对这一话题很感兴趣。

会议结束后，大家一拍即合，说干就干：“ 既然基础条件有了，不如就把它做了。 ”

“ 漫威 ”小队集结

他们要做的这项实验，有个拗口的名字——“ 利用中子散射对米格达尔过程进行实验验证 ”。很快，年轻人们在实验英文名称的字里行间，看到了一个熟悉又让他们兴奋的词——“ M-A-R-V-E-L ”（MigdAl pRocess Validation by nEutraL scattering）。于是，“ Marvel ”（漫威）这个带点英雄气的名词就成了团队的代号。

在设计实验时，随着问题出现、难度增加，“ 漫威 ”小队逐渐壮大起来。“ 我们遇到什么困难，就去找熟悉的相关领域专家来解决。每卡住一次，就多一位‘ 英雄 ’补位。 ”易涤凡说。

“ 漫威宇宙里的英雄各展所长，我们小队里的每个人，也都是独当一面的小战士。 ”刘倩宠溺地打趣这些年轻人。



“漫威”小队部分成员。受访者供图

（前排左三：郑阳恒；前排左四：刘倩

后排左二：余运林晨，后排左三：苏晨光；后排左四：易涤凡）

为了让“幽灵”现身，“漫威”小队需要有一把高效的“锤子”——中子，用来敲出原子核的反冲。拥有中子源平台的兰州大学团队加入进来，国科大博士生苏晨光也带着相关实验经验补上关键一环，主要承担中子束流条件的测量与标定工作。

为了看清“幽灵”的长相，“漫威”小队需要一双极致敏锐的“眼睛”。广西大学团队在气体像素探测器上深耕多年：“这套技术从2015年前后就开始积累与迭代，灵敏度已经有很高水平了。”之后，易涤凡又继续做升级优化和建模，把探测器调成更适合上实验的状态，真正像一台更可用的“照相机”。

“眼睛”需要有“极清视野”。这是华中师范大学硅像素实验室的拿手绝活儿。他们研发的第二代顶层金属结构像素探测器芯片，能够捕捉到极微弱的电子痕迹。“之前的国外团队没走这条路，很大程度上也是因为没有这样的芯片。”刘倩说。

要抓捕“幽灵”的身影，他们还需要全链条模拟。刘倩请来了已经从国科大毕业的博士马瑞廷，带着易涤凡开发X射线偏振探测器的全模拟软件，从各种粒子进入到探测器，一直到最后输出图像的全过程都能跑通。

此外，实验还需要有理论对照。此时，南京师范大学和烟台大学的成员加入，负责对米格达尔信号及背景进行理论计算与分析，为实验结果提供物理“标尺”。

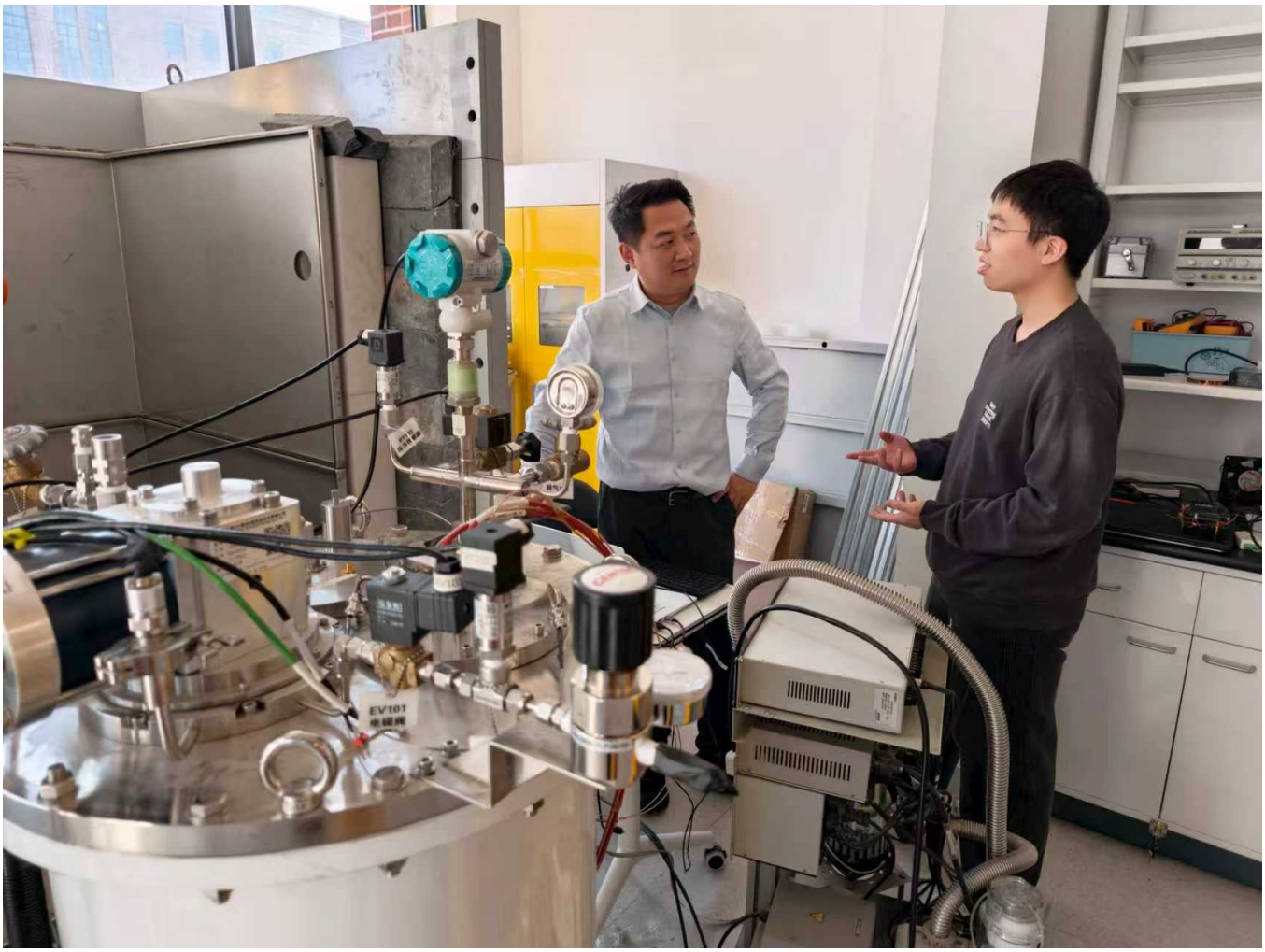
最终，一个跨越6所高校、30位成员的“漫威”小队集结完毕，实验也随之准备就绪。

近百万张里筛出六个事例

实验的主战场选在了兰州大学的中子源平台。他们计划先在平台上把“锤子”和“相机”摆到位，中子束流负责“敲”出核反冲，气体像素探测器负责把微弱径迹“拍”下来。

对“漫威”小队来说，正式取数之前有一场必须先打赢的预实验，探测器系统能不能在真实束流环境下稳定工作，现场的本底水平、束流情况和屏蔽条件，都要先摸清楚。“第一次不好了就没有后面了，开头最难。”易涤凡说。

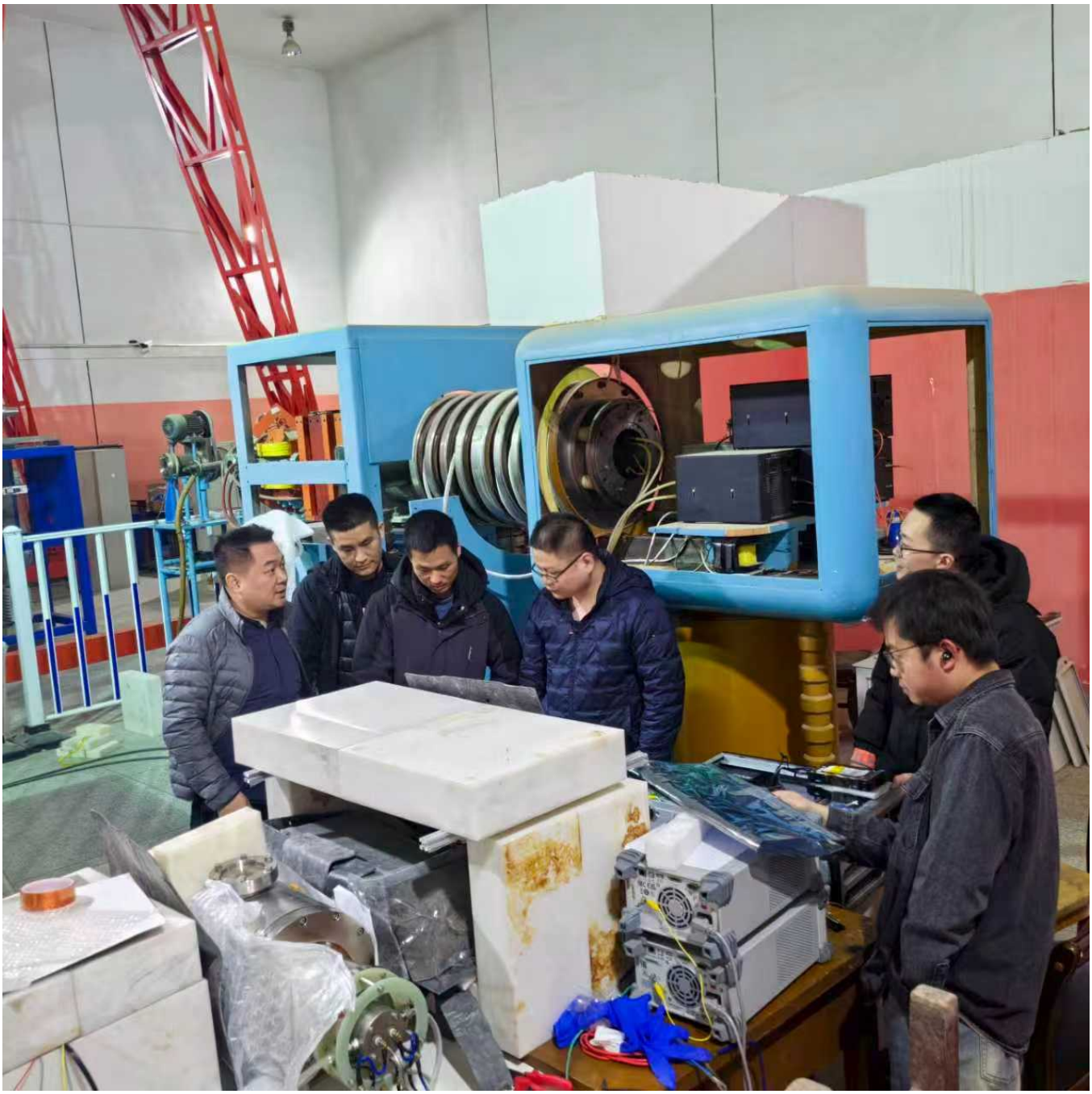
但困难从一开始就摆在面前：米格达尔效应此前从未被直接观测到，没人能拍胸脯保证它一定会如期而至。正因如此，当中子源单位问团队“要取多长时间的数据”时，他们一开始给不出确定答案。从本科起负责前期调研的左杰坦言：“这意味着实验一开始就缺少参照标准，像在黑暗中摸索。”



“漫威”小队成员刘倩（左）与左杰（右）在讨论问题。受访者供图

更现实的压力来自时间。中子源平台任务繁重，团队第一次只借到三天束流的空闲时段来做测试。他们必须在有限的窗口期里尽快判断数据质量、尽快把分析链路跑起来、尽快形成能否继续取数的决策依据。

于是，在兰州的冷夜里，小队几乎通宵达旦：一边做实验，一边改程序；一边出数据，一边迭代筛选条件……



“ 漫威 ”小队在兰州做实验。受访者供图

好在，第一次上平台的结果令人惊喜。中子束流打开，七八个人挤在不到十平方米的监控室里盯着屏幕。屏幕上图像一帧帧刷新，跳出清晰的离子径迹、电子径迹。“ 那一瞬间，大家欢呼起来，我们知道‘ 照相机 ’的性能达标了。 ”易涤凡回忆道。

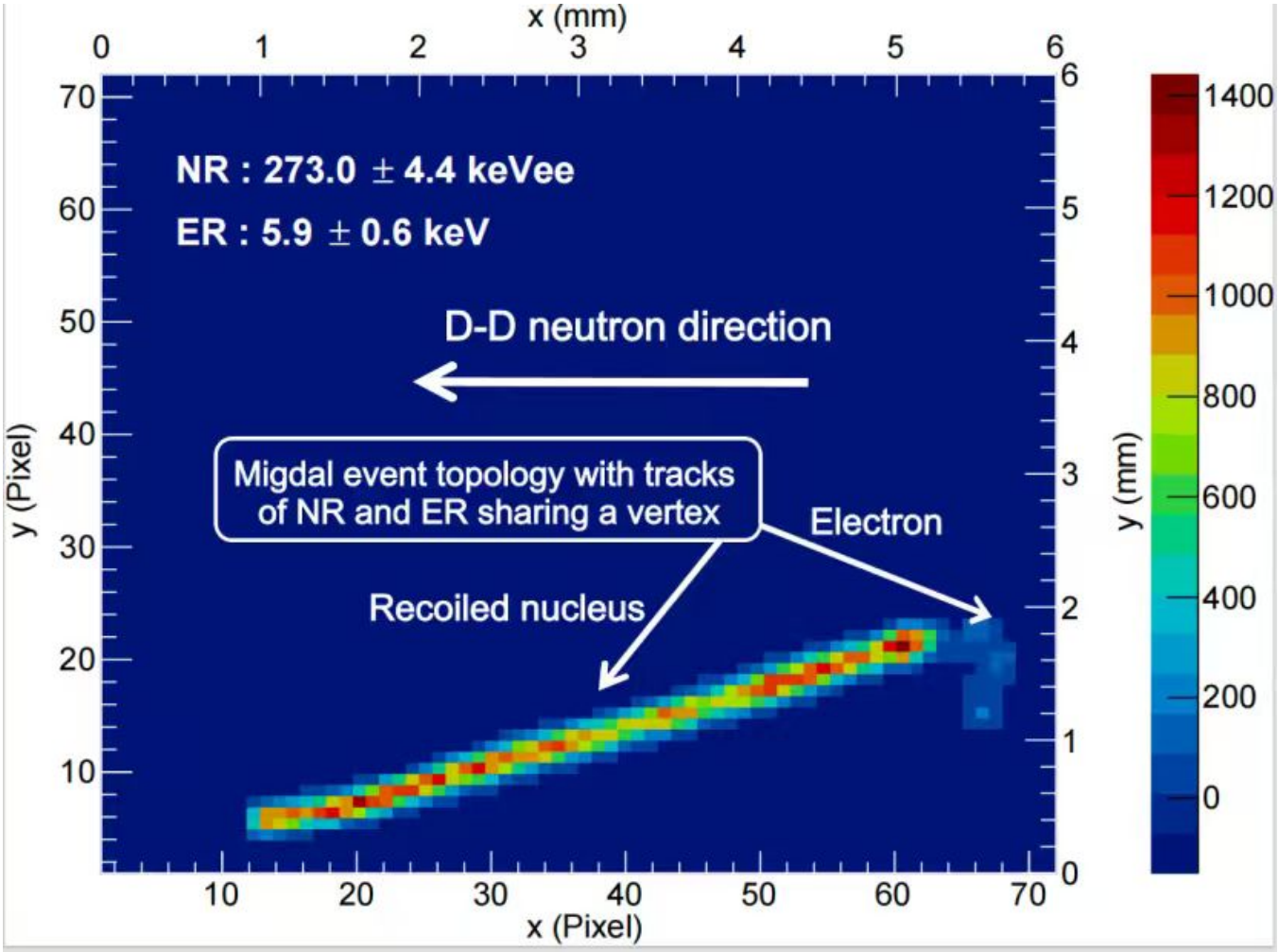
接下来，“ 漫威 ”小队的任务，是累积足够的数据。2024年3月和7月，小队又分别两次奔赴兰州，累计取数约150小时，“ 照相机 ”拍下了整整80多万张数字底片。此时，令“ 漫威 ”小队苦恼的是：“ 哪个才是苦苦寻找的米格达尔径迹？ ”

刘倩把这种工作比作老一辈粒子物理学家“ 看核乳胶 ”：那时候的照片要打印出来，一张一张地盯，圈出可能有价值的粒子径迹，枯燥而耗眼。但在数字化时代，这种“ 人肉搜索 ”效率太低。

就在此时，郑阳恒给小队成员提了个醒：“能不能用AI去做径迹筛除？”他随后把一篇相关的前沿文章发到“漫威”小队的微信群里。讨论很快落地，他们要自己做一套基于人工智能的径迹筛选算法。

还在读大三的余运林晨被委以重任——做AI的物理老师。他和同学们先用肉眼从海量图中“盯”出了8400张样本，精细标注出什么是“信号”，什么是“噪声”，手把手教会AI识别微观世界的“猫和狗”。另一名“漫威”小队成员孔令全，从大二进组，从零开始自学模拟软件，为数据分析提供了关键支柱。

“我们后来发现的那6个事例，就是从近百万张里一点点筛出来的。”易涤凡说，“先根据能量、边界条件等基本条件做筛选，再通过人工智能筛选，然后通过重建算法筛选，最后留下了6个候选事例。”



实验中观测到的一个米格达尔效应候选事例。受访者供图

这6个候选事例，就是“漫威”小队成功“捕捉”到的米格达尔效应留下的6处踪迹。

看着这群忙得热火朝天的年轻人，郑阳恒欣慰极了：“这是一群聪明的孩子带着老师做出来的成果，他们敢于挑战，我们很骄傲。捕捉到米格达尔效应，意味着人类在‘宇宙寻宝游戏’中又向前迈进了一大步。”

他介绍，团队正计划将此次实验结果融入下一代探测器的研发中，将这把“钥匙”真正用于寻找那深藏在黑暗中的暗物质。

路还很长，“漫威”小队的下一步很具体：让探测器有更高的稳定性、更强读出能力，给探寻暗物质的、更大规模的科学探测打下基石。

收到那封被“柿子砸中”的接收信后，10月3日，易涤凡发了一条朋友圈：“感谢各位经验丰富的老师们的全力支持，感谢优秀的师兄师姐和学弟们的默契配合，感谢合作组成员的团结合作……”最后，他还感谢了“这个有趣的世界”。

作者：朱阳慧,倪思洁 来源：中国科学报

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发