



听《中国科学报》《中国科学报》官微



科学网 App



科学网官微

科学人生·光耀百年

# 郝水：“不教”的父亲和“严教”的先生

■本报见习记者 金梦婷

2026 年 8 月的一天,长春南湖宾馆的活动室内,麦香四溢。烤盘上刚出炉的面包金黄蓬松,掰开的瞬间,细密气孔显露出来,醇厚的麦香扑面而来。

制作这批面包所用的面粉来自“小冰麦 33 号”。这是中国科学院院士、东北师范大学(以下简称东北师大)原校长郝水与夫人、东北师范大学教授何孟元 30 多年前利用染色体工程技术创制的远缘杂交优质高筋春小麦品种。它抗病、耐逆、早熟、品质优良,蛋白含量远超普通小麦,曾经是打破进口依赖的国产面包专用麦。

东北师大在这里举办小冰麦品鉴体验活动,正是为了纪念郝水诞辰 100 周年。

郝水逝世已近 16 年,但他的成果依旧“活”在当下。作为我国细胞生物学的创始人之一,他一边叩问生物细胞染色体结构变异的生命底层机理,一边利用这些变异扎根黑土地培育优质小麦,在基础生命科学与作物育种两条战线都留下了“里程碑”式的成果。

不过,家人和学生印象最深的不是那些成就和光环。他们眼中的郝水,是一位“不教”的父亲和一位“严教”的先生。

## 足球场边的父亲

20 世纪 70 年代,东北师大附属小学的足球场上,常有一个推着自行车的中年人站在场边,看一个踢中锋的男孩训练、比赛,场场不落。活动一结束,男孩就跳上自行车后座,被驮到南湖去游泳。

“我的游泳是父亲教的。”这个小男孩就是郝水的小儿子郝东云。

彼时郝水还没有担任行政职务,父子俩度过了一生中最亲近的几年。“那是我一生中最难忘的一段时光。”64 岁的郝东云回忆道。后来郝水当了校长,变得越来越忙;再后来郝东云



中国科学院学部工作局供图

上大学、工作、读研、出国,回国时已是中年。

郝东云记得,小时候,父亲从不问他功课,也不问他长大想干什么。家里有满书架的书,父亲从未指着哪一本让他读。他说:“我们家的教育就是——书架上有书,你自己不会翻吗?”这是父亲独有的“不教”。

郝水注意到郝东云动手能力很强。20 世纪 70 年代,郝水被派往内蒙古保康参加社教工作。村里一位老木匠把一麻袋木匠工具和剃木料交给郝水:“我干不动了,这一辈子的手艺也没人传下去,要不你带回去给你儿子,说不定他会喜欢。”

在郝水的鼓励下,郝东云初一时迷上做木工。有次郝水去北京出差,看到同事家的木制沙发,回来就拉着儿子一起琢磨做一个。爷儿俩去国营弹簧厂买来弹簧,研究木制框架,扶手,最后真做出一对沙发。

初二时,郝东云又自学裁缝,上大学时全班男生的“新潮”裤子几乎都是他做的,母亲出国穿的三件套、父亲出国穿的裤子,也出自他手。

郝水从来说过儿子一句“不务正

业”。他甚至对儿子说:“你这么多本事,没必要非得考大学吧。”

“这就是我的父亲。”郝东云说,“他从来不主动让我做什么事。我每次要做什么都是自己先提出来的,他总是很支持。”

上大学选读生物专业,郝东云同样没有和父母商量。“虽然父母没有向我灌输知识,但毕竟从小耳濡目染。”

郝东云听闻父亲给学生改论文严苛,一个字、一个标点符号都要改。“可从小到大大,他从来没有改过我的作业、论文。”

1990 年,研究生毕业的郝东云决定出国留学。“留学前几年生活费和学费全靠自己在餐馆打工支撑。”后来,郝水将 20 万港币的何梁何利奖奖金全部捐出,设立“吉林省农村优秀教师奖励郝水基金”。郝东云说:“我认同父亲的做法。父亲也这么要求我:你有本事,不光能养活你自己,也要给社会做一点事。”

父亲当选中国科学院院士那年,郝东云正在国外留学。家里没有庆祝,甚至没人在信里特意提起。“在我们家,头衔看得并不重。”

## 方格纸上的先生

如果说在家里,郝水是一位“不教”的父亲,那么在实验室和课堂上,他就是一位以管教严格著称的先生。

东北师大生命科学学院教授曾宪录,1992 年成为郝水的在职博士生。在他的记忆里,郝水每天早上 8 点准时到办公室,门一关就开始工作,一坐就是一上午。他不善应酬,说话不多,但每一句都很实在。

“他经常说,科学是有局限的。如果你夸大了实验结果或者结论,它就不是科学了。”曾宪录说。学生都“怕”他,这种怕来自一种天然的威严,“他看问题看得准,在他面前不敢随便说话,担心不小心说错了”。

郝水的严格,在他修改论文时可见一斑。当年学生写论文,用的是 400 字一页的方格纸,都是手写。郝水一篇论文至少改 3 遍:第一遍看题目、看框架、看逻辑;第二、三遍看句子、看表达,连标点符号都不放过。

曾宪录至今记得师门流传的一桩趣闻。一位师兄为省事,就把文稿中没有改动的部分剪下来,再用浆糊贴到新的稿纸上,论文被弄得皱皱巴巴。郝水把论文扔了回去:“你重抄一遍,能花多长时间?重抄一遍,也加深了记忆。”

严格,是因为惜才。曾宪录硕士阶段研究大型真菌,郝水因势利导,找出黏菌有丝分裂的文献,让他把原有功底用在新的研究方向上。有学生性格不是很合群,别人不看好,郝水却看出这个学生心细、手巧,“同样的实验,别人做不出来,到他手里就能做得很好。”这个学生后来做染色体骨架超微结构,拍出的照片被公认“可以成为经典”。

在学生面前,郝水是严师,也是慈父。有学生两地分居、孩子年幼、生活困难,郝水和夫人何孟元悄悄拿工资补贴学生。“钱虽然不多,但那些温暖大家都能感觉到,能记一辈子。”曾宪录回忆说。

郝水与何孟元不仅是人生的伴侣,也是科研上的搭档。学生有难处不敢直接找郝老师,都先找何老师;过年回不了家的学生,都会被何老师请到家吃饭。小冰麦的培育中,田间远缘杂交多由何老师带着学生做,染色体工程的基础机理则凝结着郝水的心血,两人这样配合了一辈子。

1986 年,东北师大遗传与细胞研究所成立,最初只是生物系走廊尽头一间仓库改出的小屋,核心成员只有四五个人,配上一台贷款买来的电脑。几十年后,从这里走出了一支在中国细胞遗传学领域举足轻重的队伍。

(下转第 2 版)

## 距今约 2.37 亿年,科学家发现首个海洋两栖动物

本报讯(记者冯丽妃)贵州省地质博物馆联合北京大学、美国加州大学戴维斯分校学者组成的国际合作研究团队,在贵州关岭自治县晚三叠世地层中发现两件近乎完整的骨骼化石,据此发现距今约 2.37 亿年的两栖动物新物种——海异蜥(*Gerrhonotus maritimus*)。相关研究 10 月 27 日发表于《自然-生态与演化》。

此次研究的两件化石长至少有 737 毫米,研究团队据此复原了海异蜥的样貌:身体扁平,身披厚重骨甲,头部宽扁,口宽大,鳃弓坚固发达。论文共同通讯作者、北京大学教授江大勇介绍,此前学界一直没有发现能够完全在海洋环境生存的两栖动物,而海异蜥是截至目前已知的首个能完全生活在海洋环境中的基干两栖动物。

现存两栖动物超过 8000 种,但

没有一种完全生活在海洋中。两栖动物皮肤通透,有助于呼吸,但在海水中会导致水分流失,高盐度还带来额外生理挑战。一些现存两栖动物能耐受淡水与海水交汇的半咸水生境,古老物种化石也曾在海岸沉积物中发现,但此前证据不足以证实两栖动物曾有完全海生的生活方式。

研究团队认为,海异蜥扁平的身形适宜海底生活,可藏匿于海底沉积物中;厚重骨甲能防止体内水分通过皮肤流失;成年个体仍保留鳃,可依靠鳃在水中呼吸,可能无需上浮到水面用肺换气。它依靠宽大的口部与坚固鳃弓制造强大负压,吞吸小型鱼类等,属于潜伏海底的伏击型猎手,生活习性与现今的地毯鳖相近。

相关论文信息:<https://doi.org/10.1038/s41559-026-03209-9>



海异蜥捕食复原图。

陈庚/绘

## 新方法首次实现米级钛合金单晶增材制造

本报讯(记者赵字形)北京理工大学教授刘长猛团队提出了微熔池非稳态脉动生长的单晶增材制造新方法,打破了传统依赖准稳态凝固的单晶生长模式,首次实现米级钛合金单晶增材制造,开拓了增材制造发展新赛道。相关研究成果近日发表于《自然》。

单晶材料是航空发动机与燃气轮机、先进核能装置、半导体等领域的战略性基础材料。单晶增材制造以微熔池为基本晶体生长单元,通过逐点熔化和定向凝固,突破了传统单晶尺寸、形状受限、材料范围窄,成本高的瓶颈,实现米级、复杂构型、跨材料

体系、低成本单晶制造。增材制造快速变化的温度梯度、高冷却速率和反复热循环等热条件,偏离经典单晶凝固理论通常采用的准稳态热场假设,使杂晶控制和晶体取向的稳定保持成为核心挑战。

对此,研究团队提出“深蹲脉冲”热输入增材制造新方法,通过强弱交替的热输入调控熔池演化,在强非平衡条件下建立单晶生长的动态稳定性。该方法无需预制单晶籽晶,可从多晶基板直接生长出高度达米级、直径达厘米级的单晶,展示了剧烈交变热条件下实现长程取向保持的可行性,拓展了单晶稳定生

长的理论边界。

研究团队耦合单晶凝固与悬空熔池力学稳定性,建立力-凝固耦合理论模型及可打印相图,确定兼顾外延生长与结构稳定的工艺策略。这一方法首次实现了无需模具、无需额外支撑的复杂单晶结构制造,包括由曲折单晶杆件组成的点阵。单晶由此从受模具约束的实体构件拓展为几何构型可设计的空间结构,为材料性能与结构功能的一体化设计提供了新的可能。

以航空航天常用的 Ti-6Al-4V 钛合金为模型材料,研究团队展示了增材制造单晶的极致性能。制备的钛合金单

晶的抗蠕变性能较锻件及增材制造多晶有量级式的提升,且改善幅度显著超出常规晶粒尺寸标度律的预测。研究发现,即使在位错主导的蠕变条件下,晶界仍对宏观性能具有重要影响,为优化单晶合金的高温服役能力提供了新的机制认知。

该方法具有很强的普适性。研究团队还成功制造了钨、钼、铌及钨钼合金单晶,展示了该方法对多种难加工难熔金属的适用性,为深空核动力等领域所需单晶构件的研制奠定了基础。

相关论文信息:<https://doi.org/10.1038/s41586-026-11185-0>

## 用拓扑材料做探针,看清交错磁性“真面目”

■本报记者 王敏

一种材料中独特的电子状态,能否成为测量另一种材料的工具?

答案是肯定的。中国科学技术大学陈仙辉院士、王震宇教授团队与合作者将拓扑材料溴化铋单晶制备成扫描隧道显微镜针尖,利用螺旋边界态获得了原子尺度的自旋分辨探测能力。依托该技术,研究团队直接观测到钼钒硒氧表面存在一种特殊的磁性——交错磁序。相关研究成果近日发表于《自然》。

### 从寻找到利用拓扑边界态

“这项工作的起点是量子自旋霍尔效应。”论文共同通讯作者王震宇向《中国科学报》介绍。

一种材料“绝缘”,通常是指电子难以从中通过。在量子自旋霍尔体系中,材料内部与边界的电子行为可以截然不同——内部呈现绝缘性,而边界却能承载特殊的电子通道。同一条边界上,沿相反方向传播的电子具有相反的自旋特征,这便是“自旋-动量锁定”,这类边界态也被称为螺旋边界态。

螺旋边界态并不常见。在前期研究中,陈仙辉、王震宇团队一直在寻找稳定且纯净的边界态材料体系。2024 年,他们利用扫描隧道显微镜,在层状晶体碘化铋中发现了稳定的螺旋边界态通道,为利用同族材料的边界态打下了物理基础。

在此次研究中,团队希望进一步改变边界态的角色,不仅是用显微镜去寻找它,更要让它成为显微镜的一部分。

“扫描隧道显微镜的工作方式是将极细的针尖靠近样品表面,让电子通过‘量子隧穿’跨越两者之间微小的真空间隙。通过记录隧穿电流,从而辨认原子位置和电子态的分布。”王震宇说,传统扫描隧道显微镜使用的是非磁性金属针尖,通常无法区分电子自旋。

20 世纪 90 年代,德国科学家利用磁性针尖发展出了自旋极化扫描隧道显微镜技术。其针尖的磁性状态需要标定,并可能受到外磁场及针尖与样品相互作用的影响。

研究团队提出一个大胆的猜想:能否用非磁性的螺旋边界态,提供另一种自旋选择机制?“因为这类边界态里‘方向决定自旋’,所以只要控制样品与针尖之间的电压极性,就可以改变电子的运动方向,对应的自旋特征也会反转。这样可以既不依赖外加磁场也不使用磁性针尖,仅通过切换电压极性来辨别与自旋有关的电子状态。”王震宇解释道。

为此,团队利用聚焦离子束微纳加工技术,把溴化铋单晶制备成具有原子分辨能力的针尖。“制备难点不只是把晶体磨尖,要求针尖末端既要足够尖锐能够分辨出原子,尖锐程度相当于头发丝(0.1 毫米)的万分之一,又要在这种情况下保留拓扑边界态的电子结构。”王震宇说。

### “看清”交错磁性“真面目”

团队随后将目光锁定在钼钒硒氧的层状材料上。该材料具有特殊的磁性——交错磁序。

近年来,交错磁序让人们看到了磁性材料的特殊面貌:原子的磁矩像一根根微小的磁针,方向相反、整体相互抵消,但材料内部两种相反自旋的电子仍可以具有不同的能量,而且谁的能量更

高,会随电子运动方向交替变化。

然而,识别交错磁序并非易事。“不仅要看清原子上的小磁针怎样排列、方向相反的两组如何被联系起来,也要看两种自旋的电子是否存在能量差异,以及这种差异是否随运动方向交替变化。”王震宇说。

团队首先利用边界态针尖,为钼钒硒氧单晶表面拍摄了能分辨单个原子的“照片”,区分出两类晶位点,并看清了它们周围的原子排列。他们进一步比较不同电压下的图像,提取出与自旋有关的明暗对比,发现它与磁矩呈棋盘状反向排列的图景相符,这为研究提供了一张原子尺度的“地图”。

随后,研究人员把目光转向电子在不同运动方向上的差异。“电子遇到缺陷时会发生散射,形成类似水波遇到障碍物后的干涉波纹。用扫描隧道显微镜记录这些波纹后,我们就能从中提取电子运动方向和能量的信息。”王震宇补充道。

研究发现,两组垂直方向上的干涉波纹信号的强弱出现了巨大差异。当样品电压由正变负、电子在针尖与样品之间的流动方向反转时,主导信号的方向也随之旋转了 90°。这种“电压反转、强弱互换”的现象,与 X、Y 两个垂直方向的电子具有相反自旋特征的预期相符,提供了来自电子运动层面的证据。

研究团队还设计了一系列对比实验。结果表明,仅靠晶格应力、针尖形状的不对称,或对不同电子轨道的探测偏好,难以解释上述现象。这些测量与理论分析相互印证,共同为钼钒硒氧表面的交错磁序提供了有力的证据。

### 有望成为“原子级放大镜”

在王震宇看来,这项工作最难的是提出将螺旋边界态做成针尖。“当时,大家觉得这个想法太天马行空。”

事实上,2025 年 12 月王震宇第一次向《自然》投稿,审稿人也对螺旋边界态测量自旋信息提出了诸多疑问。为此,研究团队先后测量了 5 类不同的样品,设计了 4 种对照实验,才打消这些质疑。

陈仙辉表示,这项工作的意义同时体现在“测到什么”和“用什么测”两个方面。一方面,交错磁序的判断不再只依赖某一种信号,而是有了实空间原子尺度和动量空间的交叉检验;另一方面,曾经需要被寻找、被表征的拓扑边界态,在这里成为读取其他量子材料自旋信息的工具。

此次制备出的边界态针尖未来有望成为观察电子自旋的“原子级放大镜”。例如,在非常规超导和高温超导材料中,可帮助研究人员追踪电子自旋在不同位置的变化,为理解磁性如何影响电子配对、超导为何形成提供新线索;在二维磁体和莫尔器件中,可以确定体系内是否形成了有序电子态,看清磁结构的分布形式,以及缺陷和外加磁场如何改变局部电子状态。

接下来,研究团队将与理论学家合作,进一步完善螺旋边界态量子隧穿过程的微观模型和理论,以此实现更强的自旋分辨能力。“随着探针制备和测量方法的完善,这项技术有望把原子排列、电子自旋与材料的宏观性质联系起来,为探索非常规超导机理和设计自旋器件提供更多的实验依据。”王震宇说。

相关论文信息:<https://doi.org/10.1038/s41586-026-11257-1>

## NASA“雨燕”天文台即将坠毁



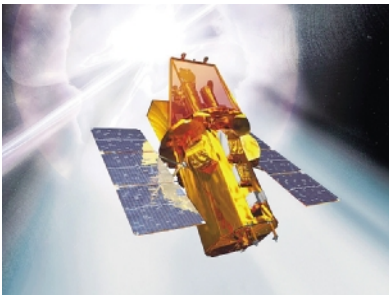
航天器于 9 月 25 日脱离轨道,坠入地球大气层。如今,“雨燕”天文台的最终结局也是坠入地球大气层。

对于失去“雨燕”天文台,科学家们感到难过,因为它是一个特别敏捷的天文台,可以在几分钟内响应并观测新现象。“其他更大的望远镜,如哈勃空间望远镜,由于任务清单更长,观测需要更多时间。”“雨燕”天文台科学操作团队负责人、美国宾夕法尼亚州立大学帕克分校的 Caryl Gronwall 说,没有仪器能填补“雨燕”天文台留下的所有空白。NASA 的核光谱望远镜阵列(NuSTAR)可能有助于填补空缺,但它响应速度没有“雨燕”天文台快,而且观测的能量范围也不同。不过,值得庆幸的是,“雨燕”天文台留下了海量观测数据可供科学家挖掘并从中获得新的科学发现。

“雨燕”天文台由美国国家航空航天局(NASA)于 2004 年发射,主要任务是观测宇宙中的伽马射线暴。在实际运行的 20 多年中,它“超额”完成了任务,不仅识别出近 2000 个此类暴发,还助力了黑洞、超新星和彗星等的研究。它观测了超新星和彗星,并揭示了黑洞在吞噬恒星时如何产生强大喷流。

受地球高层大气阻力影响,“雨燕”天文台的轨道高度一直在下降,而近年来增强的太阳活动导致其轨道衰减速度快于预期。而“雨燕”天文台没有推进系统,因此无法自行抬升。

为了延长“雨燕”天文台服役寿命,NASA 于 2025 年 9 月与凯塔利斯特太空科技公司签署合同,由该公司执行“雨燕”天文台轨道抬升任务。该公司研发出了在轨服务航天器 LINK,并于今年 7 月发射升空。但月底,NASA 就表示,LINK 出现了技术故障,姿态控制出现问题,导致航天器发生旋转,通信也受到了影响。两个月后,凯塔利斯特太空科技公司表示,技术故障导致 LINK 无法完成抬升任务,



“雨燕”天文台设计初衷是观测伽马射线暴,但后来扩展到研究黑洞、超新星和彗星。

图片来源:NASA