



拨开起源迷雾，他们改写头足动物演化史

■本报记者 李媛

2005 年，还在读博士的郭俊锋，收到授课老师、长安大学地球科学与资源学院教授袁先治的邀请，前往陕西汉中市镇巴县开展 5.2 亿年前水井沱组地层野外调查。但因学业繁忙，他未能参与。多年来，错过这次野外考察一直让郭俊锋颇感遗憾。2022 年夏天，得知袁先治再次组织跨学科团队赴镇巴开展联合考察，已是长安大学教授的郭俊锋第一时间接受了邀请。

2023 年，团队从该地层化石中识别出特殊的内嵌管状结构。经国内外专家联合认定，这是目前全球发现最早的头足动物化石。该研究不仅将头足动物可靠化石记录向前推进了 3000 万年，还提出“外套膜皱缩形成体管”的全新演化机制，破解了长期困扰学界头足动物化石记录与分子钟推算结果存在巨大鸿沟的难题。

近日，这项成果刊发于《自然》。《自然》资深编辑 Henry Gee 称，来自中国寒武纪早期的始角石，拨开了头足动物起源的迷雾。

“开盲盒”

郭俊锋向《中国科学报》介绍，头足动物是现代海洋中最聪明的无脊椎动物，独特的浮力调控结构为人类潜艇仿生技术提供了重要灵感。长期以来，它们的祖先形态与早期演化路径一直是古生物学界的重要谜题。由于软体组织极难保存，远古头足动物躯体结构的化石记录极度稀缺，学界只能聚焦其专属关键结构——体管，追溯演化历程。

体管是贯穿头足动物躯体的管状结构，可调控外界水体与头足动物体内的气流交换、调节浮力，是区分头足动物与其他软体动物的核心演化特征，也是化石分类鉴定的重要依据。

2022 年赴镇巴考察时，团队核心目标是厘清 5.38 亿至 5.1 亿年前之间化石的时空分布与演化规律，填补此前湖北宜昌岩家河生物群的研究空白。考察结束后，郭俊锋带回了 44 块岩石样品。

同年 9 月，团队完成样品预处理，检出大量常见寒武纪管状化石。受限于模糊的内部结构和固有认知，团队当时并未识别出头足动物特征，但这批样品



陕西始角石复原图。 长安大学供图

有效完善了团队对管状化石地层演化规律的认知。

2023 年，郭俊锋带着 8 人团队再次前往镇巴，逐层精细勘察地层。

论文第一作者、长安大学博士后宋祖晨回忆，整个采样过程像在“开盲盒”。团队成员拿着放大镜在岩石上仔细观察，当他们在河道中发现一块暴露出化石密集层的岩石后，立即决定将其带回实验室。

团队联系当地村民动用钻机钻孔取材，多次往返运输，累计运回数吨岩石样品。直到敲开破损标本，借助超深显微镜，团队成员才第一次看到一格规格整梯状隔壁与完整内嵌管状结构。郭俊锋当场判定，这是从未被学界报道过的全新化石结构，该标本拥有极高的科研价值。

长达一年的跨国辩论

团队将这一全新化石命名为“陕西始角石”。这枚化石微小，仅有毫米级，外壳呈直锥状，底部钝圆，口部强烈倾斜，外表看起来平平无奇，和众多同时期发现的管状类化石并没有区别，然而内部却别有洞天。

“以往出土的头足动物化石多为厘米至米级壳体，这枚毫米级微型化石完整留存原始分节体管、隔壁结构，记录了头足动物尚未完全演化成型的隐秘早期阶段。”宋祖晨解释，隔壁相当于壳体分隔房间的墙体，体管是连通所有腔室的管道，二者配合调节浮力，支撑头足动物高效游动。

长久以来，学界公认的经典理论认

为，头足动物体管由隔壁衍生而来，形成顺序固定为隔壁、隔壁孔、隔壁颈、连接环，最终发育为体管，并依靠隔壁完成气流交换。但此次发现的化石标本结构特殊，体管呈分段封闭状态，不存在传统理论必需的隔壁孔，经典演化理论无法解释其形成机制。

成果初稿完成后，团队与国外合作者展开了长达一年的激烈辩论。国外合作者提出诸多质疑，其中核心争议集中在化石内部体管从何而来。他们普遍认为，体管应在隔壁完成穿孔后才演化形成，而这个标本中分隔体管的隔壁是封闭式的，很难用传统观点解释。

面对质疑，团队不断升级观测手段，先后用显微镜、电镜、超高精度显微设备反复观测，同时梳理海量古今文献佐证观点。最终，团队作出全新解读。体管连接口部的节段膨大，一定代表了软体“居住”的场所，后续节段凝缩直至壳体底部；这说明体管是包裹软体的外套膜结构在生长过程中凝缩延伸，并伴随着被隔壁分隔而形成。

依托充足化石实证，团队搭建全新演化路径：多隔壁直管壳—具分节体管直管壳—“成熟”头足类。数十年来，学界对头足动物起源问题提出软舌螺起源、类单板动物起源等多种假说，却始终缺少关键体管化石佐证。陕西始角石的出现，为头足动物源自直管壳动物提供了直接化石证据。分段封闭管壁也证实，体管由外套膜凝缩形成，隔壁贯通结构是后期演化产物。

这一发现大幅补齐了头足动物演化的时间缺口，将可靠化石记录从 4.9

亿年前推至 5.2 亿年前，极大缩小了化石实证与 5.33 亿至 5.35 亿年分子钟推算结果的差距。

同时，这一发现刷新了学界对寒武纪生命大爆发的认知，证明这场生命演化事件不仅是门类级别的“造门运动”，门下细分类群的分化在寒武纪早期也已同步启动。

仍需探索“未解之谜”

在郭俊锋看来，寒武纪早期大量管状疑难化石仅留存粗略外壳，很难判定真实生物属性，是当前该古生物研究领域的最大阻碍。想要突破瓶颈，科研人员必须深耕野外，精准寻找特殊埋藏地层，耐心搜寻能保存软躯体细节的珍贵化石。

多年科研路上，团队始终坚守三大核心准则。第一，扎实的野外一手标本与地层记录是所有研究的根基；第二，不能让过往学术定论束缚好奇心，很多公认常识里藏着全新突破；第三，善用扫描电镜、高精度 CT 等精密仪器，从沉默化石中还原亿万年前的生命故事。

论文前后打磨 3 年，宋祖晨早已记不清修改过多少版本，长时间的跨国学术辩论令他印象深刻。“面对质疑要立足化石证据，守住观点，不能轻易动摇。如果研究思路存在漏洞，要及时修正，不必因为争论否定全部工作。”

目前，陕西始角石与 4.9 亿年前寒武短棒石之间仍存在近 3000 万年的演化空白。下一步，团队将前往湖北、四川等地，勘探对应地层的上下层位，持续搜寻中间过渡类型化石，进一步完善头足动物完整演化链条。

“古生物学属于相对小众的冷门基础学科，却有着不可替代的科学价值。”郭俊锋表示，古生物研究能够一步步还原地球生命演化轨迹，揭示自然发展规律，帮助人类更深刻地认知赖以生存的地球。

郭俊锋期待更多青年科研人员沉下心，投身冷门基础研究，接续挖掘远古地层，一步步解开地球生命演化留下的无数未解之谜。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10868-y>

第二届人工智能赋能的天文学开放科学会议开幕

本报讯（记者甘晓）8 月 4 日，第二届人工智能（AI）赋能的天文学开放科学会议在青海省海西州德令哈市开幕。来自中国、美国、英国、法国等国家近 30 家天文研究机构的百余人参会，围绕 AI 与现代天文深度融合这一核心主线开展深入交流研讨。会议由中国科学院国家天文台、之江实验室联合主办。

青海省委副书记刘奇凡表示，青海近年来持续推进冷湖世界级天文观测研究基地建设，目前已集聚 13 家国家级科研单位、落地 15 个重大科研项目，部署 47 台各类天文重大望远镜，将建成亚洲规模最大的光学天文观测集群。同时，青海积极构建“星空 + 装置 + 算力”全链条科研体系，正聚力打造冷湖创新高地，推动实现“暗夜星空、清洁能源、智能算力”三位一体融合发展。

中国科学院副院长、中国科学院大学校长周琪院士指出，在中国科学院与青海省协同推进下，“墨子”巡天望远镜已投入运行，14.5 米光学红外望远镜全面进入建设阶段，冷湖正崛起为推动天文学前沿突破的不可替

代的高地。中国科学院将持续依托冷湖世界级光学观测台址，聚焦暗物质、暗能量、宇宙起源和演化等重大科学问题，高度重视 AI 在天文学的应用，推动 AI 与观测、理论深度融合，释放数据价值，深化国际合作和科技治理，以更加开放包容的胸怀为全球天文事业发展贡献智慧和力量。

中国科学院国家天文台台长、研究员刘继峰作大会主旨报告，系统介绍了国家天文台整体科研布局、重大天文设施建设、推动 AI 与天文学交叉融合以及面向全球开放的国际合作等方面的战略规划和重要进展。

会议期间，《智慧天文台白皮书》发布。该白皮书围绕 AI 驱动下一代天文观测体系展开，提出智慧天文台通过融合 AI、大模型、云边协同、数字孪生和开放数据平台，构建集智能观测、智能运维、科学分析和自主决策于一体的新型天文基础设施等。

此外，之江实验室面向“AI+ 天文”，联合国家天文台打造了面向多模态宇宙理解的天文领域基础模型 OneAstronomy。

强流重离子加速器装置产生首个稀有原子核

本报讯（记者叶满山）近日，中国科学院近代物理研究所科研团队与合作者依托强流重离子加速器装置（HIAF），成功产生并鉴别了稀有原子核钆-153。这是 HIAF 调试期间取得的首个物理成果，证明了我国新一代强流重离子研究装置已具备探索未知核素、拓展核素版图的能力，标志着 HIAF 的科学发现之旅正式开启。相关成果发表于《科学通报》。

原子核由质子和中子组成，质子和中子不同数量的组合形成了丰富多彩的核素世界。探索未知核素，研究原子核存在的边界是核物理领域的重要前沿。钆-153 位于缺中子重核区域，是研究原子核结构演化和稳定极限的重要对象，此前未见报道。发现并精确测量该核素，有助于检验核理论模型，深化对原子核结构规律的认识。

实验中，科研团队利用 HIAF 增强器（BRing）提供的钪-209 束流轰击石墨靶，通过弹核碎裂反应产生放射性核素。反应产物经高能放射性束流线筛选

后，注入高精度环形谱仪（SRing）。团队利用等时性质谱技术进行测量，共观测到 10 个钆-153 离子。测量结果表明，钆-153 是一个束缚或弱束缚核素，与现有理论模型预测一致。同期，日本理化研究所也独立报道了钆-153 的观测结果。两项研究相互印证，进一步体现了该核素的重要研究价值。

此次实验成功探测到产生概率极低的钆-153，得益于 HIAF 多项关键技术的协同。高强度重离子束流提升了稀有核素的产生能力，高能放射性束流线实现了目标核素的高效分离，SRing 等时性质谱技术具备灵敏的单离子探测能力，为鉴别稀有原子核提供了重要支撑。

随着 HIAF 性能持续提升，未来实验的探测能力预计还将提高约两个数量级。HIAF 将在探索未知核区、发现新核素和研究极端条件下原子核性质方面发挥更重要的作用。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.scib.2026.06.056>



8 月 5 日 10 时 38 分，我国太原卫星发射中心在山东海阳附近海域使用捷龙三号运载火箭，成功将东方慧眼高光谱 01.02 星发射升空，卫星顺利进入预定轨道，发射任务取得圆满成功。

图为观众观看捷龙三号运载火箭从“东方航天港”号火箭发射船发射升空。

图片来源：视觉中国

美国启动“产业博士”项目



参与该项目的学生将获得大学提供的 1 年资助及 NSF 提供的 3 年资助。合作企业需要为学生至少提供一年的论文研究支持，并且为每名生至少提供 10 万美元的资助。

鉴于已有不少博士生纷纷进入企业工作，诺贝尔文学奖得主、美国斯坦福大学的 Carolyn Bertozzi 在社交平台发文称，NSF 的经费应当用来扶持企业不愿出资的基础科学研究。但 NSF 计划从核心科研项目中抽调资金，用于该项目。NSF 同时表示：“依旧扶持好奇心驱动型科研，坚持高标准的同行评审。”

非营利机构美国大学—产业示范合作组织（UIDP）将牵头运营该项目。UIDP 项目主管 Gretchen Bollar Fiorenza 指出，参与项目的学生依旧需要满足传统博士学位的全部学术硬性条件，毕业论文也必须达到学校标准。学生每年还要上交项目报告，记录基于企业实操的各项研究经历。

未来 5 年，NSF 将会投入 4700 万美元运营该项目。目前已有超过 30 所高校递交参与意向书，包括美国哥伦比亚大学、纽约大学、西北大学；宝洁、英国石油、劳莱斯斯等合作企业也已加入。

（李木子）

让学术交流真正“活”起来

■本报记者 高雅丽 见习记者 侯慧静

“过去觉得这是一个很难直接解决的问题，后来发现它可以被拆成一个个更小的工程问题。”第八届青年人才托举工程入选者、华东师范大学研究员罗艺这样描述他在第二十八届中国科协年会上的收获——“打开”研究思路的瞬间。

“打开”，正是第二十八届中国科协年会希望带给每一位参会者的体验。这是中国科协年会改革深化后的第二次集中亮相。第二十七届中国科协年会迈出了转型升级的第一步，一年之后，改革从“破题”走向了“深水区”。

在近日举办的第二十八届中国科协年会新闻通气会上，中国科协科学技术创新部副部长曲大成表示，本届科协年会由 95 家全国学会、46 家省级学会、18 家高校科协、8 家省级科协共同承办，118 场专题论坛、3 场平行论坛、1 场主论坛轮番登场。同期，各全国学会还举办了 1000 余场学术活动，“学术月”的氛围愈发浓厚。

拆掉学科“围墙”

跨学科交叉是科学创新的重要源泉，本届科协年会以跨学会联合承办为突破口，组织 95 家全国学会突破传统学科和专业壁垒，面向国家战略需求和产业发展需要，聚焦新兴支柱产业和未来发展开展学术研讨，鼓励大胆质疑和争鸣。

中国自动化学会监事长、本届科协年会感知—决策—控制系统一体化专题论坛学术委员会主任王飞跃一直在关注不同学科、行业和主体如何真正形成合力。“自动化是典型的交叉融合学科，

横跨基础研究、工程技术、智能制造、人工智能、航空航天等多个领域，跨学科、跨行业、跨主体协同是创新的核心。”

这一认识贯穿于感知—决策—控制系统一体化专题论坛的组织过程。论坛由中国自动化学会联合中国颗粒学会、中国指挥与控制学会共同承办。3 个学会共同组建学术委员会，统筹自动化、指挥控制、智能制造等领域专家，并邀请空天、集群博弈、工业装备、人工智能等方向的学术界和产业界代表同台交流。

“在议题设置方面，我们突出跨学科思辨。”王飞跃介绍，论坛专题报告既覆盖具身智能等基础理论场景，也兼融隐私安全理论与大规模机器人群智能产业落地。尤其是在非共识议题研讨环节，经过前期定向邀请和学术委员会集体讨论，最终确定“组织智能”这一主题，会聚控制、计算机、机器人等领域专家，围绕智能体系架构、虚实仿真转化、人机安全边界等争议问题交流碰撞。

罗艺长期从心理学与认知神经科学视角关注人的认知与情绪发生机制，也曾设想开展脑机接口相关研究，但面对“如何识别别人的情绪状态，又如何进行反馈和调控”这样的复杂问题，一度只有概念、缺少清晰的技术路径。

在论坛上聆听工科专家分享后，罗艺发现，看似庞大的脑调控问题并不一定要追求“一步到位”，而是可以被拆解为更具体、更可操作的工程环节。交流中，她意识到，心理学提出关于认知本质和调控机制的问题，工科则能将这些问题的转化为可实施的技术步骤。

罗艺的“破壁”体验并非孤例。在年会同期举行的诸多专题论坛中，跨学科

交叉持续带来思维碰撞。

中国认知科学学会秘书长周馨介绍，脑机接口技术及其应用专题论坛打破认知、神经、信息、临床、工程等学科壁垒，围绕核心科学问题开展有组织的争鸣，构建覆盖基础研究—技术攻关—成果转化全链条体系化研讨格局，推动认知科学、人工智能、脑机接口三者深度融合、相互促进、螺旋跃升，探索促进“所想即所得”新一代交互方式的重大变革。

让学术讨论回应时代命题

本届科协年会强化高质量科技供给，持续关注并推动破解既往发布的重大科技问题难题，助力科技创新和产业创新深度融合。在议题设置方面，年会注重把技术研究同国家战略布局、产业高质量发展联系起来。

中国有色金属学会承办的战略性矿产资源智能勘探开发与产业链供应链安全专题论坛，围绕“全球矿产品价格波动背景下，探寻云南战略性矿产产业盈亏平衡生存线”展开思辨，直面行业周期风险与企业经营难题。

国防科技大学副教授何永明参加了可信高效人工智能技术及其应用专题论坛。他的研究重点是运用人工智能技术辅助决策过程的运行效率和应用效果，从而让相关软件产品和工具“理解更深、响应更快、推荐更准”。

在论坛上学习了中国工程院院士郑纬民关于“推进 token（词元）出海”的相关观点后，何永明深刻认识到，技术应用于何处、服务什么需求、对社会产生怎样的影响，同样是非常值得研究的

课题。

从心理学与工科共同拆解问题，到农业机械与材料、机器人等领域相互借鉴，再到技术研究与社会需求彼此对照，不同学科之间的对话在年会上不断深入，让科技工作者看到了解决问题的更多可能。

放下身份“标签”

让不同学科的人“坐在一起”只是第一步，让他们真正“说起来”“争起来”才是更大的挑战。

“大家关注的焦点始终是技术研究和应用内容。”谈起参会感受，何永明首先想到的是“专业”和“专注”。

本届科协年会为讨论留出了更充足的时间。专题论坛研讨环节比重原则上不低于 30%，有的论坛在报告后设置问答，有的论坛设置自由交流讨论桌，让参会者围绕报告内容继续追问、交换意见。

中国科协青年人才托举工程博士生专项计划入选者、中国农业机械化科学研究院集团有限公司博士生王伟静过去对农机可靠性的理解，更多集中在农业机械面对平原、丘陵、山区等不同作业环境的适用性上。参加智能农机系统创新与可靠性提升、农业机器人传感器等专题论坛后，她意识到，农机可靠性研究并不只关注机械能否适应复杂环境，还涉及载荷谱、新材料、检测标准等多个方向。

“以前参加一些论坛更多是听专家作报告。这一次有非共识议题讨论、自由交流环节，也给了博士生发言的机会。”王伟静说。

（下转第 2 版）