

侏罗纪螽斯怎么叫？科学家复原 1.65 亿年前虫鸣

■本报记者 杨晨

远古脊椎动物虽然能在化石中留下“倩影”，但其发声软组织无法留存，所以人们难以描述侏罗纪森林中的各种声响。现在，一类名为“螽斯”的昆虫成为突破口。

“螽斯”常泛指直翅目螽亚目的鸣虫，大家熟知的“蝈蝈儿”就是其中一支。它们翅膀上的几丁质音锉能够石化，而这些细微的“刻痕”成为还原亿年前声音的关键线索。

四川农业大学教授顾俊杰与国内外合作者依托我国内蒙古道虎沟中侏罗世的螽斯化石资源，融合多学科前沿技术，完整重建了史前森林螽斯群落的声音，并首次证实昆虫超声通信早在侏罗纪中期就已出现，比蝙蝠回声定位的出现早 1 亿多年，为动物声学协同演化提供了直接证据。相关研究近日发表于美国《国家科学院院刊》。

音锉“奏响”1.65 亿年前的“乐章”

螽斯的发声机制藏在翅膀上。雄性螽斯左前翅基部有一条带小“疙瘩”的翅脉，名为“音锉”，小“疙瘩”则为音齿。“翅膀一开一闭，右前翅的刮器划过这些音齿时，翅面便振动发声。一个音齿产生一个振动，全部刮完声音就出来了。”顾俊杰介绍。

昆虫翅膀由几丁质构成，硬度与虾壳近似，易于形成化石。研究团队选取内蒙古道虎沟燕辽生物群中隶属于鸣螽科和哈格鸣螽科的 20 件雄性螽斯前翅标本，逐一测量了音锉长度、音齿密度与间距。

化石翅膀虽然保存了下来，但不能摩擦、振动，因此无法了解它当年以多大的幅度、多快的速率开合。要推算出这些缺失的参数，必须找到一个活的参照物。他们找到了这些化石类群的现生后裔——分布在川西山地的长生铁鸣螽。

鸣螽科在中生代拥有 90 多个物种，全球皆有分布，而今仅存 9 个孑遗物种。其中，4 种在北美，5 种在中国西南山地及印度北部。长生铁鸣螽生活在四川雅安海拔约 2000 米的低温环境中，活动范围狭窄。

南岳衡山发现景天科植物新物种

记者 9 月 29 日从湖南省南岳树木园获悉，该园与中国科学院武汉植物园等单位组成的科研团队在湖南衡山发现景天科景天属新物种——衡山景天。相关研究成果近日在线发表于《植物钥匙》。

衡山景天为多年生肉质草本，全株光滑无毛，茎高 6 厘米至 12 厘米；叶片互生、覆瓦状排列，长圆状披针形，叶缘具有显著乳头状突起，基部叶距长 1.0 毫米至 1.4 毫米，顶端渐尖；花瓣顶端具短尖头，蜜腺鳞片宽匙形至近梯形、顶端钝圆；花期 4 至 5 月，果期 5 至 6 月，种子表面密布乳突。形态上，它可与旋枝景天、垂盆草等近缘种通过叶缘乳突、叶距形态大小、蜜腺鳞片形态

深圳湾实验室分子生理学研究资深研究员朱曦：

以技术革新解锁生命科学新可能

■本报记者 田瑞颖

今年 2 月，顶尖学者朱曦辞去美国得克萨斯大学终身教职，回国全职加入深圳湾实验室，任分子生理学研究资深研究员。

朱曦是国际离子通道领域著名专家，曾率先克隆哺乳动物的 TRPC 和 TPC 离子通道，并全程参与了 TRP 离子通道国际标准命名体系的建立。此外，他还发现了酸敏感通道 ASIC1a 通过“非通道功能”引发细胞酸中毒死亡的新机制，为中风治疗提供了全新思路。

朱曦完全可以在既有优势领域继续深耕，可他偏偏选择跳出“舒适圈”，向生命科学研究的“技术变革”发起挑战。在他看来，当前生命科学的研究技术过于低效，只有通过技术变革产生海量动态数据，才能从整体了解生命现象，降低检测成本，带动新的消费蓝海。近日，《中国科学报》对其进行了专访。

向生命科学研究技术变革发起挑战

《中国科学报》：你在细胞钙信号、离子通道、膜受体等领域有很多领先成果，回国后也可以沿着之前的方向继续研究，为什么要转向技术领域？

朱曦：上初中时，我就听到过“21 世纪是生命科学的世纪”的预言。过去三四十年来，生命科学领域的确取得了长足进步，但远远无法满足全面理解生命现象并为国计民生创造价值的迫切需求。究其原因，还是因为现在生命科学研究的实验方法总体来讲效率差、产出低。

这就像拼一幅千片拼图，若已拼合 300 片，尚可推演全貌；但眼下仅有零散数片，根



▲ 长生铁鸣螽（雄性）。
▼ 李氏巴哈阿博鸣螽雄虫化石，雄虫前翅具有音锉和音齿等发声结构。
受访者供图

研究人员采集到长生铁鸣螽活体后使用激光多普勒测振仪测量其翅膀振动时的位移 / 速度信号，并据此分析共振频率、品质因子等参数，用于校准数值模型，为推算化石物种的鸣声提供依据。

研究人员先用现生种翅膀的振动参数校准模型，告诉计算机真实的螽斯翅膀如何振动，再模拟化石翅膀在不同频率下的振动响应。同时，团队根据 147 个现生螽亚目类群、1077 个单拷贝直系同源基因，构建了一棵庞大的系统发育树，并结合化石校正分化时间，用系统发育广义最小二乘法，建立起音锉长度与载波频率之间的预测模型。只要把化石的音锉长度“喂”进去，模型就能“吐”出它的发声频率，而音齿数量、间距则用于验证发声机制和估算音节时长。

“最后一步是用人工智能（AI）技术预测化石螽斯的鸣叫节律。”顾俊杰说，AI 的高斯过程回归模型，以现生类群的音锉长度、齿数、主频和音节时长为输入，预测化石螽斯的音节率。这一结果与形态和力学模型推导的频率、衰减等参数相互补充，从而完整重建鸣声。

等一组稳定性状区分。

该物种目前仅见于南岳衡山，分布在海拔 480 米至 1250 米间，主要生长在岩石崖壁与岩石坡面上，现在野外仅记录 3 个种群，成熟个体不足 1000 株。依据世界自然保护联盟濒危物种红色名录标准，评估其为易危物种，亟须就地保护与种群监测。

衡山景天的发现进一步丰富了景天属物种多样性，为研究东亚景天属植物物种分化、山地植物区系演化增添了新材料。

图为衡山景天。

本报记者王昊昊 通讯员匡代勇报道 周翔宇 / 摄

本无法还原真实图景。我们需要结合三维空间 + 时间维度时空解析技术，从四维尺度动态观察离子（钙离子、氢离子等）、信号因子和蛋白质（包括总量和不同活化态）在细胞内的真实状态，了解它们在正常生理运作和各类疾病中的动态角色。这个分析过程中产生的数据，将是对社会最有价值的产品。

《中国科学报》：怎么理解这些数据的价值？

朱曦：生命科学研究的产出不仅有科研论文，创新药物和诊疗技术研发过程产出的数据本身就有巨大的价值。这一点还没有引起足够的重视，甚至可能被完全忽视了。

我们需要海量数据实现对生命现象的完整认识，有了这个基础，在未来各种应用场景中，就可以通过少量的数据迅速、有效地对变量诱发的改变作出判断，最终降低检测成本，形成良性循环。

从国家层面来说，生命科学数据对标准制定、工农业生产、全民健康都至关重要。从百姓层面来看，生命科学数据对疾病治疗和健康维护非常重要。如果数据产出能力提高，检测成本下降，社会需求就会被激发。

举例来说，过去基因测序需要几十万元，普通人根本负担不起，现在这项对个性化用药十分重要的检测降到千元，需求自然出现了爆发式增长。随着社会需求的增长，技术成本也会下降，这又带来了更多的需求。只有这样，生命科学研究和应用才能蜕变为真正支撑高质量发展、具有经济效益和吸引力的行业。

《中国科学报》：要提高数据生产能力应

同一个物种不同个体的音锉结构会不会有差异？“个体间多少有一点，但完全可以忽略。”顾俊杰补充说，比如同一个物种，一个个体有 90 个音齿，另一个有 89 个，间距差不多，不影响声音的判定。但不同物种间，有的音齿间距逐渐变大，有的排列密集均匀，有的前半段密、后半段疏，这些形态差异直接对应不同的叫声频率。

纯音、超声与协同演化

研究团队复原了 9 种化石螽斯鸣声，频率覆盖 5 千赫兹至 20.5 千赫兹。其中，5 个物种鸣声为 5~7 千赫兹的低频纯音，4 个物种鸣声处于 8~20.5 千赫兹的中高频区间。

此前主流假说认为，昆虫演化出超声波是为了躲避蝙蝠的回声定位。但蝙蝠最早的化石记录仅有 5000 万年，而此次研究的螽斯生活在 1.65 亿年前，这说明昆虫掌握超声通信的时间比蝙蝠回声定位的出现早了



该怎么做？

朱曦：生命现象有太多吸引我们探究和钻研的内容，同时也有大量医学难题等待破解。但是如果每个人都只待在象牙塔里研究具体问题，就很难推动这一学科进入统驭地位。我们的研究需要跟国计民生挂钩。政府和行业也需要增加投入，开发新技术，共同推动这场变革。

知识产权方面需要做好平衡，一方面要保护产权，激励创新；另一方面，要避免过于强调知识产权保护，导致知识普及和推广出现壁垒。在美国和德国有很多先进仪器处于被搁置状态，不是技术不好，而是价格高昂，导致技术无法普及。

人才成长需要时间

《中国科学报》：回国后你一直在推进实验室团队建设。有什么关于人才培养比较突出的感受吗？

朱曦：人才的成长是一个过程。但是现在有一个问题可能阻碍生命科学发展，那就是要求博士后 2 到 3 年出站，至少对生命科学领域来说这个时间太短了。很多地方出站对文章、影响因子等有要求。如果想顺利出站，对于很多博士生来说留在原来的实验室最保险，但这对于人才培养来说不见得是一件好事。大多数学生在博士期间刚独立，博士后阶段换个环境对于知识面和视角的扩展更有利。现在这种机制可能导致年轻人不愿意改变，使一些有潜力的年轻人失去了科研纵深的机会。

1 亿多年。

“应该是侏罗纪时代小型哺乳动物作为捕食者驱动了这种协同演化。”顾俊杰打了个比方，如果捕食者能够感知 10 千赫兹的鸣声并循声前来捕食，那么作为猎物的螽斯就会在这种捕食压力下演化出更高频率的鸣声。

研究人员发现远古鸣声还有一个共性——窄带纯音。所谓纯音，即频谱能量集中在极窄的频段内，类似于尖锐的哨音，使捕食者更难定位声源。

其实早在 2012 年，此次研究的相关团队就首次复原了内蒙古道虎沟中侏罗世的一个螽斯物种——悦耳古鸣螽的鸣叫声。这是国际上首例远古动物鸣声物理特征重建工作。

从 2014 年起，顾俊杰开始系统检视实验室收集的数千块化石标本，并在 2015 年与直翅目分类学家、河北大学教授石福明赴四川野外采集长生铁鸣螽活体。次年，英国合作者携带设备加入野外实验。

2017 年，论文初稿完成，但团队主动按下“暂停键”。“我们觉得之前用的还是老方法，推测都有置信区间，我们希望结果误差更小。”顾俊杰说，为此研究运用了有限元仿真等手段。后来，因顾俊杰工作调动等原因，研究一度停滞。2021 年研究重启，他们继续优化完善分析方法，扩大了现代昆虫取样量，引入更多分子数据并构建了系统发育树，加入了 AI 预测，最终在 2026 年正式投稿。

顾俊杰坦言，此次研究也有局限性，目前的复原只能基于翅膀结构推测基础鸣声主频率。“但螽斯还会发出求偶声、警戒声、争斗声等不同类型的声音，这些涉及神经系统对翅膀摩擦的调控，无法从化石中获知。我们只能根据可见结构，理论上推断它能发出什么样的基础声音。”顾俊杰表示，下一步，他们计划寻找听觉系统的化石材料，探索螽斯听觉演化，并研究该类群从侏罗纪繁盛到如今仅存 9 种的多样性演变历程。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1073/pnas.2615107123>

全国性语料创新生态联盟启动

本报讯（记者赵广立）9 月 29 日，由中国科学院文献情报中心发起、以“共建语料生态·共创智能未来”为主题的“语料创新生态联盟启动暨学术交流会”在北京举行。会上，全国性语料创新生态联盟（以下简称联盟）宣布启动，并集中发布了语料标准规范、数仓·语料社区服务平台及英文期刊 *Data Express in AI Corpus* 等系列成果。

在今年 7 月召开的世界人工智能大会上，由中国科学院牵头建设的国家级数仓·科技语料库对外发布，旨在为突破人工智能驱动的科学研究的（AI4S）语料供给瓶颈、夯实人工智能数据基座、保障科技创新自主可控、抢占全球 AI4S 发展制高点提供坚实保障。

此次，中国科学院文献情报中心基于数仓·科技语料“底座”正式发起联盟，旨在以高标准、高质量科技语料建设为核心，打造跨机构、跨领域、跨产业链的语料生态协同平台，推动科技语料资源在更大范围内实现共建共享、协同开发和创新应用。

联盟发起人、中国工程院院士孙凝晖在会上表示，联盟要推动科技语料资源和加工能力的基础设施化，建设国家高质量科技语料资源的战略保障基地、国家智能就绪语料集成服务的协同枢纽。

依托中国科学院以及全国科研与产业体系优势，联盟首批 50 家共建单位覆盖国家实验室、科研院所与国家级科学数据与文献资源机构、地方政府以及人工智能、数据基础设施、出版与知识服务等领域骨干单位，语料运营企业以及人工智能领域知名投资机构，贯通科技语料资源供给、技术研发、平台建设、模型训练与行业应用全链条，推动资源供给、技术研发和行业应用等关键环节有效衔接。

中国科学院文献情报中心主任曲建升介绍说，下一步，联盟将重点聚焦五大任务：一是联合共建高质量科技语料，持续打造具有示范意义的标杆语料资源；二是推进智能就绪科技语料集成服务，探索建立开放、普惠的公共服务机制；三是深化国家科技语料基础设施协同建设，推动基础设施、技术规范和服务能力协同演进；四是强化标准、质量与可信治理，建立语料可信流通、安全使用和质量保障机制；五是开展 AI4S 模型与应用场景联合验证，通过实际科研任务推动数据、模型和应用持续迭代，为新质生产力发展提供有力的数据支撑。

发现·进展

中国科学院半导体研究所

埃米级滑移撬动千万倍电阻变化

本报讯（记者赵广立 通讯员周庆华）中国科学院半导体研究所研究人员通过二维范德瓦耳异质结界面工程，构建了 Cr/h-BN/3R-MoS₂/单层石墨烯滑移铁电隧穿结，并进一步将这一结构拓展至 1T'-ReS₂ 体系。其中，h-BN 像一道均匀的薄墙，减少漏电，让电流能够受控地通过；3R-MoS₂（或 1T'-ReS₂）的原子层发生微小滑移就能改变电极化方向，调节电子穿过这道墙的难易程度，而且经得起反复切换；单层石墨烯则对极化变化十分敏感，能进一步调节参与隧穿电子的数量。三者协同，形成了类似“杠杆放大”的效应，实现了“四两拨千斤”的效果，将二维滑移铁电体较弱的剩余极化转化为大于 1000 万倍（10⁷）的电阻读出对比度。相关研究成果近日发表于《科学》。

在半导体元件中，“铁电隧穿结”是实现高密度非易失存储、构建存算一体架构的重要候选器件。隧穿电阻比（开关比）是铁电隧穿结的核心性能指标，直接关系器件的读出信噪比与灵敏度，进而影响存储与存算一体系统的数据处理能力与功耗水平。

研究显示，团队构建的器件在 0.5 伏读取电压下，隧穿电阻比达 1.9 × 10⁷，较此前报道的滑移铁电隧穿结提高 4 个数量级以上，同时实现超过 10⁴ 次的开关耐久性。器件即使在 13 纳秒的短时电压下工作，仍可实现可靠切换。团队还制备了 8 × 8 器件阵列，全部 64 个单元均表现出一致的双稳态非易失开关，展示了其面向高密度集成的潜力。

研究人员在紧凑的两端结构中同时实现了巨大的非易失读出窗口、超高耐久性、大驱动电流、快速切换和低开关能耗，突破了铁电隧穿结中读出对比度与循环可靠性相互制约的瓶颈。未来，随着大规模阵列与配套电路的完善，这类器件有望以更快的速度、更低的功耗完成数据存取与计算。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1126/science.aeh3697>

香港科技大学等

明胶加酵母有望用于打印火星房屋

本报讯（记者冯丽妃）香港科技大学副教授仇霁申与合作者开发出一套配方，未来或可用于在火星上 3D 打印房屋。该配方将火星岩石与地球上的明胶和酵母混合在一起。干燥硬化后，这种“活体”建筑材料强度堪比低标号混凝土，且可被分解、回收并重新混合，用于新的建造工程。相关研究近日发表于 *Chem Commun*。

“我的灵感来源于冷冻干燥水果会变硬。”仇霁申说，“火星上极低的温度和压力创造了类似冷冻干燥的条件。于是，我想能否利用这一点来制造一些材料。”

为了制备可打印材料，研究人员需要精确调配沙子与胶水的比例，其中胶水由明胶和一种特殊酵母制成。研究团队设计了表面覆盖高黏附性蛋白质的酵母，这些蛋白质包括黏附于附着在岩石上的蛋白质。明胶将各组分子紧密结合在一起，并为细胞生长提供了空间，而沙子则赋予材料质量与结构。随后，团队在模拟火星条件下对该材料进行了测试。一旦混合物通过喷嘴，极低的温度和低压会使其冻干：水结冰后直接从固态升华为气态，留下微小的孔隙。最终产物类似泡沫，轻盈且多孔。目前，这些打印出的结构是类似葡萄酒软木塞大小的穹顶，高 45 毫米，宽 30 毫米。但材料本身十分坚固，抗压强度为 10 至 12 兆帕，可与低标号混凝土相媲美。

这种基于生物的材料目前仅在地球上进行了测试。研究团队尚不清楚这些酵母能否在真实的火星环境中存活。尽管用量已有所减少，但这种活体建筑材料仍然依赖地球原料。研究人员估计，若要开展有意义的现场工程，可能需要从地球运送数百吨货物。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.cccir.2026.100120>