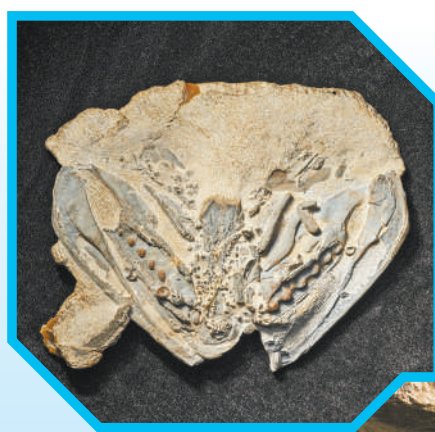


院士讲科普

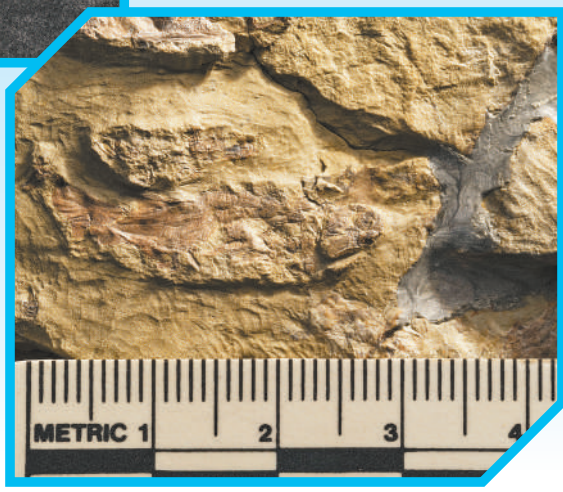
从鱼到人，藏着我们的身世之谜

吴月辉 王嘉悦



▲全长仅3厘米的重庆始骨鱼化石，发现于重庆秀山志留纪早期（约4.36亿年前）地层中，从头到尾完整保存，是目前已知最古老的硬骨鱼类化石。

以上图片均为赵钢摄



▲钝齿宏颌鱼化石，发现于云南曲靖志留纪晚期（约4.23亿年前）地层中，全长1米有余，是当时最大的鱼类。从完整的头骨化石中可以看到，嘴里交错长着长小帽状的“齿垫”，上面密布小牙。

薄薄一片，而是肉厚、骨头硬，里面的骨骼排列，与人类手臂、腿骨十分相似。

有颌类的出现与崛起是“从鱼到人”演化史中最关键的跃升之一。“最早的脊椎动物没有上下颌。”朱敏介绍，在奥陶纪，演化史上发生一次重大革新——颌的出现，让动物能够主动捕食、撕咬和咀嚼，极大扩展了食物范围。

如今，地球上现存绝大多数的脊椎动物都具有颌骨——也就是有上颌和下颌，并被统称为有颌脊椎动物或有颌类。

有颌鱼类包含四大类群，其中两类已经灭绝，剩余的两类，一类是以鲨鱼为代表的软骨鱼，一类是硬骨鱼。

“可以说，硬骨鱼类是脊椎动物演化的主干，其现存的两大支系辐鳍鱼类和肉鳍鱼类，占据了水中与陆地的广阔生态位。”朱敏说，“其中辐鳍鱼类演化出3万多个物种，包括我们日常所见的绝大多数鱼类；肉鳍鱼类中的一支则在泥盆纪登陆，演化出包括我们人类在内的所有四足动物。”

硬骨鱼类又起源于什么呢？过去学界所知的硬骨鱼化石大多是泥盆纪已经特化的辐鳍鱼类与肉鳍鱼类，而这两大类群分异前的原始硬骨鱼类（硬骨鱼类干群）化石信息则缺失。

辐鳍鱼类与肉鳍鱼类的最近共同祖先形态如何？最早的硬骨鱼是否已经拥有后来硬骨鱼的主要特征？“这些问题都无法通过研究现生物种或出现时代较晚的硬骨鱼类化石来回答。”朱敏说，要解开这些谜题，必须找到缺失的两大类群分异前的原始硬骨鱼类（硬骨鱼类干群）化石信息。

原始硬骨鱼化石现身，解开半个世纪前的谜题

20世纪下半叶，古鱼类学家张弥曼在云南曲靖发现原始肉鳍鱼类化石杨氏鱼。自此，学界将目光聚焦在中国南方，希望在这里找到确凿的硬骨鱼类干群化石证据。

1999年，朱敏就与团队在曲靖地区考察和挖掘。但直到2012年，他们才逐渐发现硬骨鱼类干群化石的蛛丝马迹。

“那一年，我们在云南曲靖志留纪晚期的地层中发现了零散的硬骨鱼类下颌，最长的接近20厘米。”朱敏说。这些下颌内侧长着一排小丘状的凸起。当时推测，这些凸起是特化的牙齿，能够压碎硬壳食物，因此科研人员将这种硬骨鱼命名为钝齿宏颌鱼，并认为它属于肉鳍鱼类。

随后，在云南曲靖、重庆秀山等地，相继又有一些重要的硬骨鱼类干群化石不断现身。

经过10余年野外发掘与室内研究，

朱敏团队取得了两大关键发现：一是在重庆秀山志留纪早期地层中，发现了全球已知最早的完整硬骨鱼化石——重庆始骨鱼；二是在云南曲靖志留纪晚期地层中，通过高分辨率CT成像技术，详细解析了志留纪最大的脊椎动物——钝齿宏颌鱼的完整头部结构和牙齿形态，解开了困扰学界半个世纪的齿垫归属谜题。

齿垫是什么？“研究发现，宏颌鱼牙齿排列为内外两列，之前发现的小丘状凸起，实际上是内齿列的独特齿座，上面还长着带密集小齿的齿垫，这种奇特的结构，是硬骨鱼类的原始齿列特征。”朱敏说，宏颌鱼关联的齿垫与齿座结构，解开了半个世纪前在波罗的海志留纪地层中发现的零散齿垫化石着生之谜，明确其归属于早期硬骨鱼类的内齿列。

身长仅3厘米的小鱼，改写演化家谱

重庆始骨鱼生活于4.36亿年前，全长仅3厘米，头尾却完整保存，不仅早于过去已知的硬骨鱼类大化石，而且比过去已知最早的硬骨鱼微体化石还要早。

“这种小型古鱼兼具原始与进步特征：身体呈流线形，只有一个背鳍，这些特征都接近早期辐鳍鱼类，但没有硬骨鱼特有的鳞鳍鳍条，且有仅见于软骨鱼和盾皮鱼的臀鳍棘刺。”朱敏说，“始骨鱼的发现证明，硬骨鱼类重要特征形成的时间，远比我们此前所认知的更早。”

与之形成鲜明对比的是，发现于云南曲靖志留纪晚期地层中的钝齿宏颌鱼，全长超过1米，是志留纪最大的脊椎动物。团队经过近10年时间，经过数十次尝试，使用先进的成像技术和计算机三维重建和复原，还原了其完整的头部三维结构和深藏内部的解剖特征。

系统发育分析确定，重庆始骨鱼、钝齿宏颌鱼均属于过去了解甚少的硬骨鱼类干群，代表了辐鳍鱼与肉鳍鱼分异前的原始类型。

“这两个原始硬骨鱼类的发现，丰富了有颌类早期辐射演化的认知，明确了早期硬骨鱼颌与牙齿的演化轨迹。”朱敏说，志留纪的2000万年中，硬骨鱼类已经非常多样化，演化出较大的形体，成为生态系统中的顶级掠食者，并分化出肉鳍鱼类和辐鳍鱼类，为它们后续成为地球上最繁盛的脊椎动物类群，以及“从鱼到人”奠定了基础。

此次成果进一步证实，我国南方是硬骨鱼乃至整个有颌脊椎动物起源的摇篮。不过，在“从鱼到人”的演化链条中，仍有大量缺失的环节等待填补。未来，对志留纪有颌脊椎动物的持续研究，将推动学界破解更多“从鱼到人”早期演化历程中的重要科学问题。

砾质是一种含有两个硒原子的“双核”分子。自19世纪末问世以来，它在合成化学领域几乎无人问津。研究发现，尽管砾质无法直接与烯烃反应，但经团队发展的活化策略，它展现出优异的“上得去、下得来”的双重能力——既能高效与烯烃结合，又能在温和条件下顺利脱离。同时，砾质只需一步即可大量制备，纯化简单，稳定性强且可回收循环使用。

这一方法有望拓宽烯烃的合成路径，释放其应用潜力。更重要的是，烯烃向炔烃的转化通道已被打通，将有望革新合成设计理念——通过先实现路线设计，加速含炔功能分子的创制、降低其成本。这一炔基化改造手段也为功能分子修饰提供了便捷工具，有望助力“老药新用”策略，加速新药发现。

（作者单位：北京大学天然药物及仿生药物全国重点实验室）

唠「科」

孤独竟然会“伤脑”

王卓

你有没有过这样的时刻？长时间独处后，明明什么都没发生，胸口却像压着一块看不见的石头——心慌、烦躁，却说不出来在怕什么。这是一种孤独的感觉。2023年，世界卫生组织将孤独列为“全球公共卫生紧急事件”，称其健康危害堪比每日吸15支烟。独处带来的焦虑，也同样影响着大脑。

对大脑而言，“长期没人说话”和“天天加班”并无本质区别——都是慢性压力。身体会持续释放压力激素，像一封封加急电报，不断发往情绪中枢。那里有个特别敏感的“哨兵”，专门处理社会性的冷落：被忽视、打断，或者长久地独自留在某个空间——便开始反复报警。这在意料之中。真正意外的是大脑内部的变化：侧脑海马体的神经元里，铁变多了。

铁是生命的必需元素，它运氧气、产能量，像勤恳的快递员，维持神经活力。但它也是一把双刃剑——适量则益，过量则毒。就像回南天，门窗紧闭久了，墙角会悄悄长出霉斑。长期孤独，大脑也会开启“存铁模式”。于是，这种异常铁沉积只在帕金森病、阿尔茨海默病患者脑中被发现。如今研究证实：即便是年轻人，仅仅是孤独，就

足以触发这一过程。

我国科学家用小鼠实验揭开其隐秘关联：一组群居，一组社交隔离4周（相当于人类数年孤独）。结果，独居小鼠明显焦虑——回避开阔地带、拒绝探索新环境，体内压力激素飙升。而它们的大脑中，侧脑海马体神经元铁含量显著超标。

追根溯源，关键在于一种叫TFR1的蛋白——它是神经元门口的“铁管家”，平时严控铁的摄入。可当孤独袭来，压力激素激活特定受体，并发出信号：“多收铁！”于是，“铁管家”敞开大门，大量铁涌入细胞。

这不是饮食过量，而是大脑“把关系统”失灵。这些铁不会杀死神经元，却会打乱其节奏，让它陷入“乱放电”状态。更关键的是下一步：铁唤醒了另一个蛋白—— α -突触核蛋白。它常被视作帕金森病的“反派”，但在此刻，它成了焦虑的“执行者”。铁一多，它便疯狂增产，向神经末梢大量释放谷氨酸——大脑最主要的兴奋信号。神经元被反复点亮，像一盏关不掉的灯。于是，哪怕静坐家中，心跳也会加快；半夜惊醒，思绪翻涌如潮。你不是不想快乐，而是你的神经元真的“停不下来”。

科学家将这一机制命名为“铁塑

性”——意指孤独通过扰乱脑内铁代谢，重塑神经回路，进而扭曲我们对安全、时间乃至自我的感知。

令人振奋的是，这种变化并非不可逆。研究者用两种方式干预：一是去铁胺（DFO）——一种原本治疗铁过载的药物，经鼻给药后可直达大脑，像磁铁吸走多余铁。仅两周，焦虑小鼠的神经活动便恢复平静。二是直接抑制 α -突触核蛋白的表达，同样有效。

即使不用药，只要将独居小鼠重新放回群体，4周后脑中铁水平自然回落。这意味着，孤独引发的痛苦，未来或许能像感冒一样被精准治疗。但在此之前，最有效、最温柔的方法，依然是人与人之间真实的靠近。

孤独是一种风险。我们有时习惯了孤独，也习惯了硬扛，总觉得“焦虑是自己的事，忍忍就好”。但科学告诉我们：这不是矫情，不是脆弱，而是大脑发出的“警报”。当你再因无人回应而心慌，请别责怪自己“想太多”——那只是大脑在诉说它对连接的渴望。愿每一个人都能读懂自己的大脑，也能被这个世界温柔陪伴。

（作者为华南理工大学医学院副教授，本报记者姜晓丹整理）

长江干流首套水利测雨雷达系统在三峡工程投用 监测“云中雨” 预报更精准

本报记者 吴君

探一线

在湖北省宜昌市夷陵区黄牛岩，30米高的钢结构塔上，一个倾斜而立的白色长方体雷达正匀速旋转着。每过40秒，它便转一圈，每转过一圈，就能精准捕获地面上以2公里内近地面层大气中的液态水信息。

“这样的雷达在三峡工程附近的秭归县和兴山县还各布设了1部，它们通过雷达站的地面通信系统相连，共同构成了长江干流首套水利测雨雷达系统。”中国三峡集团流域枢纽运行管理中心高级工程师仇红亚介绍，这套系统可以对三峡—葛洲坝梯级水利枢纽工程区域及周边约1.3万平方公里的降雨情况开展精细化监测与预报。

与传统天气雷达相比，新的水利测雨雷达观测“云中雨”状态更准确。“水利测雨雷达通过阵列天线，向天空发射电磁波，接收返回的电磁波，再分析回波信息，可准确区分云中液态水、冰晶等不同形态的降水粒子，精准监

测近地面层各种降水粒子的时空变化状况。”仇红亚说。

与天气雷达不同，水利测雨雷达发射的是X波段电磁波，这种电磁波虽然波长短、探测距离不远，但观测精度和效率更高。

“水利测雨雷达可对地面上2公里空间，进行35层无间隔连续精细监测，实现7×24小时精密观测。”仇红亚说，这就像给2公里内的空间做实时CT，把“云中雨”降水粒子的一举一动“尽收眼底”。

此前，依靠三峡枢纽附近的天气雷达，只能了解未来12小时内的基本降水预报信息。现在，水利测雨雷达系统能提前3小时锁定强降雨中心区域和量级。仇红亚介绍，这不仅有助于精准预报和应对长江干流致灾性的短临暴雨，也能对三峡近坝区周边山区中小河流的短临强降雨和强对流天气进行精准预测和预警。

有了这套雷达系统，传统的天气雷达就“退休”了吗？

“要精准提高洪水预见期，还需要统筹发挥好气象卫星、传统天气雷达和

地面雨量站、水文站的作用。”仇红亚说，在“云中雨”识别阶段，气象卫星可以弥补水利测雨雷达短波的不足，发挥广域覆盖优势，提前6—12小时捕捉更远、更广、更高云团移动轨迹与水汽汇聚态势，划定强降雨潜在影响区域。

当降雨即将落地或刚落地时，水利测雨雷达与地面雨量站、水文站启动“空地校准”机制。地面的雨量站提供地面降雨实测数据，用于校准水利测雨雷达估计的降雨量数据；水文站实时监测的水位、流量变化等水文数据，与水利测雨雷达监测及预报的降雨融合，依靠耦合水文水动力模型，完成“降雨—产流—汇流—演进”全过程计算，可精准推演洪水发展趋势。

“现在水利测雨雷达弥补了近地面层的降雨监测和预测的空白，各种监测手段‘一体化协同’，能全面精准掌握高空、低空、地面的天气以及具体降水情况。”仇红亚解释，气象卫星负责“宏观预判”，延长早期预警窗口期；水利测雨雷达负责“前端预警”，精准监测“云中雨”；雨量站与水文站负责“后端校验”，提升预报精准度。

给杨柳飞絮穿上“生态膜”

王艳春

每年春天，杨柳飞絮给不少市民带来困扰。飞絮，其实就是杨柳树的种子。天气干燥多风时，杨柳树借风力传播种子，但在城市高密度环境中，清理不及时易裹挟花粉、灰尘和微生物，成为“过敏原快递员”。

如何让它“飞不起来”？今年，北京市园林绿化科学研究院研发的凝胶剂，既能让飞絮失去“飞行能力”，又不伤害树木。这款凝胶剂是无毒无害的高分子材料，兑水稀释后喷洒树冠，能快速形成一层“生态膜”，把原本蓬松的绒毛紧紧黏结成小团。分量一重，风就吹不动了；树上尚未炸开的果序也被包裹抱团、自然脱落，从源头阻断飞絮产生。

数据显示，单次喷施可减少单株飘絮量2/3以上，正常天气下整个飞絮季喷一次即可。凝胶剂只起到物理黏结作用，不参与树木生理过程，杨柳树该抽芽抽芽、该长叶长叶，那层薄膜也会自然降解。

让杨柳飞絮“飞不动”，还需组合治理，配合智慧监测平台精准预警，实现从产生到落地的闭环管控。昔日的杨柳树是防风固沙的“生态功臣”，以不飞絮新品种逐步替换老弱树，让柳树在岁月流转中温柔接棒。

（作者为北京市园林绿化科学研究院教授级高级工程师，本报记者潘俊强采访整理）

我国强流重离子加速器装置首个实验终端通过工艺测试

本报兰州电（记者曾亦辰）国家重大科技基础设施强流重离子加速器装置（HIAF）高精度环形谱仪实验终端近日通过了由中国科学院科技基础能力局组织的工艺测试。结果显示，测得的短寿命原子核金—202的质量精度达到国际最高。

高精度环形谱仪是强流重离子加速器装置的六大实验终端之一，同时也是加速器系统的重点组成部分，是开展前沿物理实验的重要设备，可以精确测量寿命只有几十微秒的原子核的质量。此次实验是基于该装置开展的首个终端测试实验。

中国科学院近代物理研究所科研团队利用高精度环形谱仪，开展了基于肖特基探针的质量测量实验。实验中测得的多个原子核质量精度显著提高。其中，远离稳定线的短寿命原子核金—202的质量测量精度达到11千电子伏特，较此前国际最高精度提高一倍，是目前国际上针对该原子核最精确的质量测量结果。这一进展标志着该终端关键性能指标已达到设计预期，原子核质量测量精度达到国际领先水平，同时还验证了加速器系统高流强、高品质的束流能力及装置稳定性与电磁环境的显著提升，为后续开展前沿科学研究奠定基础。

北京大学团队破解烯烃制备炔烃世界难题

许迎利

生活中的塑料、橡胶、药品等现代工业产品背后，藏着分子世界的一对“孪生兄弟”——烯烃和炔烃。

如果把宏观世界的物质看作由小积木搭建而成，那么烯烃就是“折线形”的积木，炔烃则是“直线形”的。这对“兄弟”是现代合成化学的基石。

烯烃来源丰富，供需基本平衡；炔烃的需求与烯烃相当，供应却远不及烯烃，种类少、价格高。科学家一直渴望将丰富的烯烃“拉直”为炔烃——这不仅填补炔烃的供应缺口，更是一种编辑分子骨架、发现新药的有力手段。

然而，现实却是这条转化之路不通。19世纪60年代问世的方法，条件苛刻，绝大多数功能分子在通过时都会“粉身碎骨”。其过窄的应用范围无法满足实际的转化需求。

如今，北京大学团队找到了破解之法。他们通过活化手段，发掘出一把沉睡130年的“旧钥匙”——一种名为砾质的试剂，成功让烯烃到炔烃的转化变得非常温和；多种功能丰富的烯烃均可“顺利通过”，转化为高价值的炔烃。这项研究成果近日发表于国际学术期刊《自然》。