



“边城鱼”演绎牙颌进化“无字天书”

■本报记者 韩扬眉

远古生物总能为人类认识自己、了解自己提供“蛛丝马迹”。例如,人类牙齿的形成或许就与数亿年前的一种鱼有关。

近日,中国科学院古脊椎动物与古人类研究所研究员朱敏团队在重庆秀山县发现了一条完整保存的全新志留纪有颌鱼类“袖珍边城鱼”,其为颌与牙齿的早期演化提供了新实证。相关研究成果近日发表于《当代生物学》。秀山县也成为目前全球第二个发现较多完整志留纪有颌类化石点。

跨越千万年的演化“谜团”

包括人类在内的 99.8% 的脊椎动物都具有颌骨,即上颌和下巴,也被统称为有颌类。

“颌的出现是生命演化史上最重要的跃升之一,古生物学界非常关注有颌鱼类的起源和早期演化。”论文通讯作者之一、中国科学院古脊椎动物与古人类研究所副研究员朱幼安告诉《中国科学报》。

有颌类的起源可以追溯到 4.44 亿年前的奥陶纪。然而,直到 2000 多万年的泥盆纪才开始大量出现有颌类化石,期间的志留纪有颌类化石仅有零星的鳞片、棘刺,这使得有颌类在这段长达数千万年的演化历史中成了一段“无字天书”。

朱幼安指出,长期以来,人们不清楚最早期的有颌类到底是什么形态,也不清楚像硬骨鱼类、软骨鱼类这样流线性质的活鱼类,是如何从“身披甲胃”的无颌甲胃鱼,以及虽然已经演化出颌,但身体前半部分仍然覆盖着外骨骼“盔甲”的盾皮鱼类演化而来的。

自 2007 年起,朱敏团队在云南曲靖发现了志留纪满脊椎动物群,其中包括大量完整保存的有颌类化石。这使得中国成为目前唯一发现较多志留纪有颌类化石的国家,为全面认识有颌类的早期身体结构提供了关键实证资料。团队已经发现了占据演化关键位置的“初始全颌鱼”“长吻麒麟鱼”。

“但是,由于全世界仅发现这一个地方有完整保存的志留纪有颌类,便有一种观点认为,这些鱼的形态不过是在局限地域里非常特化的结果,那样的话,这些化石的信息就没有那么重要了。”朱幼安说。

为了找到更多的志留纪有颌类化石,探究这个问题的真相,多年来,研究团队几乎踏遍全国范围的志留纪地层,与各地地质调查部门深入合作,终于在秀山县有了发现。

紧凑环注入磁约束等离子体实验首获成功

本报讯 日前,合肥综合性国家科学中心多途径磁约束核聚变研究中心团队设计建造完成国内首台紧凑环注入装置,并成功利用该装置对磁约束等离子体装置进行燃料注入,显著提升了等离子体密度。这是首次在国内磁约束聚变装置利用紧凑环概念实现芯部加料,标志着我国成为世界上第四个掌握此关键技术国家。

在未来聚变反应堆条件下,为提高聚变燃烧率,必须将燃料粒子直接注入反应堆芯部强磁场约束的高温等离子体中。据介绍,紧凑环注入原理是通过脉冲高压将燃料气体电离,形成高密度的自组织等离子体环,利用强洛伦兹力将紧凑环加速到超光速定向速度,从而实现空间深度燃料注入。这种新型注入技术具有寿命长、密度大和速度高的优点,可为强磁场大型托卡马克芯部加料难题提供解决方案。

此次紧凑环注入系统被安装至中国科学技术大学反场箍缩磁约束聚变实验装置上开展等离子体注入研究,紧凑环等离子体以正入射方式注入。装置同时配备自主研发的高密度、高带宽光纤激光干涉仪,进行实时等离子体电子密度和注入速度诊断。

研究人员表示,在反场箍缩等离子体放电过程中,紧凑环高速注入后,多道太赫兹干涉仪观测到等离子体密度剖面显著抬升,表明注入紧凑环等离子体已穿透强磁场,实现与主等离子体的融合,达到了加料效果。

目前,本轮实验已经实现最高注入速度每秒 285 千米、等离子体最大密度每立方米 1.2×10^{20} 和最大粒子数达 7.1×10^{19} ,指标跻身国际前列。(桂延安)



“袖珍边城鱼”复原图。课题组供图

寻找第二个“家”

4.23 亿年前的志留纪晚期,也被称为罗德洛世。彼时,华南古陆漂浮在赤道附近的大洋之中,海水沿着曲折凹凸的海岸线侵入陆架,形成若干巨大的海湾或内海,这些浅海成为早期水中生命的“庇护所”。

那时,处在湘渝之交的秀山地区便位于华南古陆北缘一个比当今渤海还要大的内海之中。河流在这里汇入内海,带来了大量养分,并孕育了丰富的生命,河口和滩涂的半咸水中生长大量的原始植物,其间生活着无颌的盔甲鱼类、海蝎和最早的有颌鱼类。它们的遗骸被河流不断带来的泥沙覆盖,并在漫长的地质时间内变成了化石。

2019 年底,团队成员、重庆地质矿产研究院博士李强在秀山洪安边城附近沿“川河盖天路”踏勘志留纪含鱼地层,在罗德洛世小溪组中意外发现了一块完整对半开的有颌类化石。这正是袖珍边城鱼的正型标本!

这一地层过去还未报道过完整的有颌类化石。团队成员们惊喜万分,李强和朱幼安等人迅速对这块化石展开了详细研究。

“尽管保存非常完整,但研究这块化石并不容易,许多微小结构已经接近粉砂岩粒度保存精度的上限,特别是埋在围岩内部的骨片形态,经

过多次高精度 CT 扫描,才通过沿骨片裂开的、只有几微米宽的细微缝隙重建出来。”朱幼安说。

边城鱼的外骨骼骨甲模式和之前在曲靖潇湘动物群中发现的麒麟鱼接近,显示它与麒麟鱼、全颌鱼、志留鱼同属全颌盾皮鱼类。这证明该类群在当时的华南包括印支地块广泛分布,因此它们的一些关键解剖结构信息在厘清有颌类早期演化,特别是硬骨鱼、软骨鱼等起源上显得非常重要。

重要的袖珍“猎手”

全颌盾皮鱼类是中国特有的一类早期有颌鱼类,与现代有颌脊椎动物,即硬骨鱼类和软骨鱼类共同祖先的起源密切相关。

研究团队通过系统发育分析发现,边城鱼保存了下颌和下颌齿,它的下颌与全颌鱼的边缘颌骨十分相似,但其内侧有发达的口内叶,其上可见 5 个较大的圆锥状齿。这些齿的生长和排列形式与其他盾皮鱼类,特别是节甲鱼类的齿突相似。

因此,边城鱼的颌骨可能比全颌鱼和麒麟鱼更原始。这意味着它是现代鱼类与节甲鱼类等传统定义的盾皮鱼类颌骨及牙齿的一个过渡状态,为现代有颌类,包括我们人类颌骨和牙齿的起源和演化提供了重要化石实证。

让研究团队感到欣喜的是,边城鱼化石保存相当完整,比如在盾皮鱼类中很少发现完整的鳍,边城鱼就保存了这部分结构。它的鳍有发达鳞片覆盖的肉质“柄”状部分,而鳍条部分则只有外缘狭窄的一圈。这与常见鱼类的透明、折扇状鳍十分不同。

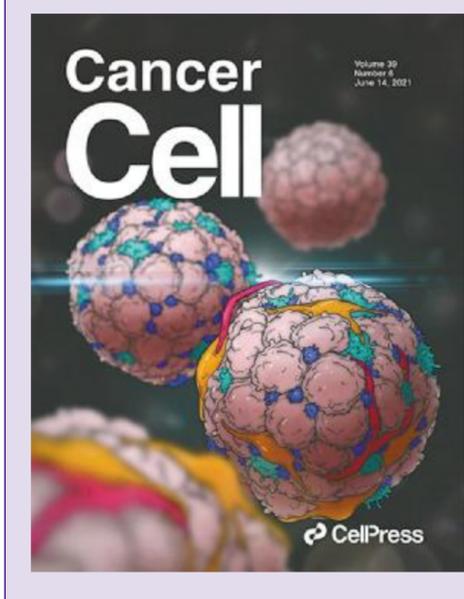
“有意思的是,边城鱼‘体形很小’,化石只有 2 厘米长,活着时整条鱼可能也只有约 4 厘米长,但牙齿很大。边城鱼可能是十分凶猛的袖珍‘猎手’,以生活环境内的其他小动物,如米氏海蝎、秀山盾鱼、牙形动物等为食。”朱幼安说。

目前,尽管完整的全颌盾皮鱼类只在中国发现,但新发现提供的比较解剖学证据显示,上世纪末在越南志留纪地层中发现的零星盾皮鱼类骨片也应属于全颌盾皮鱼类,指示印支地块和华南地块在志留纪有非常密切的古地理联系。

朱幼安表示,袖珍边城鱼只是边城动物群报道的第一条有颌类。他们在同一层位还发现了其他有颌类和无颌类的化石,并在重庆志留纪地层其他地点也发现了重要化石,目前正在挖掘研究当中。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.05.053>

看封面



微环境预测 肿瘤治疗反应

为全面描述癌细胞及其周围的肿瘤微环境,研究人员分析了超过 1 万名癌症患者的转录组,结果他们在 20 种癌症中发现了 4 种不同的肿瘤微环境亚型。最新一期《癌细胞》封面图片展示的这 4 个亚型,与癌症预后和免疫治疗反应密切相关。

此外,研究人员表示,一个整合转录组和基因组数据的可视化工具,能描述肿瘤框架、突变和免疫等内容,有助于生物标志物的发现和治疗方案的个性化。

(鲁亦)
图片来源:Cell Press

怀柔科学城材料计算平台正式运行

据新华社电 通过处理海量数据,快速筛选和设计新材料,帮助大幅提升新材料研发速度——记者近日从中科院物理研究所获悉,怀柔科学城材料计算平台已正式运行。

传统的材料研究方法因研发时间长,成功率不确定,正逐渐成为制约工业产品创新和优化的瓶颈。为加速新材料研发步伐,中科院物理所开始更多借助高性能计算领域近年来涌现的新技术分支——高通量计算,通过增强材料基因计算和数据处理能力,建立材料基因数据库与云资源平台,为全球范围内的材料研究人员提供数据共享服务。

据了解,这个平台是针对材料基因应用需求个性化设计的“数据增强型”超级计算设施,其应用的数据库已积累了 18 万个无机晶体的高质量计算结果,包含 18 万个无机晶体的晶体结构和电子结构、1.2 万个材料的介电性能数据、8000 个无机晶体的力学性能数据和近 5 万个材料系统的热力学数据。

材料计算平台可视作材料基因组研究平台的“大脑”。后者是中科院和北京市共建的跨学科交叉研究平台,旨在建成国际一流的国家级综合性材料研究基地,计划建成时间为 2021 年底。(董瑞丰)

我国学者证实猪尾鼠也能回声定位

本报讯(记者沈春蕾)近日,中国科学院昆明动物研究所遗传资源与进化国家重点实验室研究员施鹏、蒋学龙和刘振课题组合作攻关,证实了啮齿目猪尾鼠也具有回声定位能力。相关研究成果 6 月 18 日在线发表于《科学》。

回声定位是指动物通过比较发出声波和接收回声的信息差别,进行导航、觅食等活动的定向行为。人们熟知的回声定位动物主要包括蝙蝠和齿鲸等。研究人员通过分析猪尾鼠发现,适应性复杂性状回声定位独立起源和演化的次数提高到了至少 6 次,成为自然界中性状趋同演化的典型案例。

施鹏和刘振课题组长期从事回声定位的趋同演化和分子遗传机制等方面的研究工作,蒋学龙课题组从事猪尾鼠的行为生态和系统发育与分类的研究工作。本次发表的研究成果由 3 个课题组利用行为学实验、解剖特征分析、比较基因组分析、基因功能实验等交叉研究手段,证实猪尾鼠是一个全新的、独立演化出回声定位适应性性状的哺乳动物类群,暗示此前可能很大程度上低估了适应性复杂类型的生物多样性。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1126/science.aay1513>



刘奇、马晓峰供图
中华猪尾鼠

营养物信号如何“告诉”细胞去增殖

本报讯 近日,复旦大学上海医学院赵世民团队和徐薇团队发现了一条可以整合营养信号、细胞周期信号和转录激活的全新信号通路,揭示了代谢环境改变细胞表观性状调控细胞增殖全新机理,也为癌症等代谢失调相关疾病的干预提供了新思路。该研究成果发表于《自然-代谢》。

足够的营养是细胞增殖和组织发育的必要条件,细胞增殖和组织发育需要上调组蛋白乙酰化激活基因转录。然而,营养物信号如何被传递到组蛋白乙酰化,人们尚不清楚。

此次研究结果表明,代谢物信号和细胞周期信号共同调控组蛋白乙酰化,实现基因转录激活。在营养代谢物丰富的条件下,细胞内的富营养感知器 mTORC1 信号被激活,使细胞处于可以进行合成代谢和增殖的状态。然而,

细胞并不是随时可以增殖。只有处于第一间歇期(G1 期)时,细胞才能够积累增殖所需的合成原料。mTORC1 信号因此将富营养信号传递给细胞周期依赖性激酶 2 (CDK2)。由于 CDK2 只在 G1 期出现,因此富营养信号只在 G1 期被传递到细胞核内,参与组蛋白乙酰化和转录激活。

研究人员表示,接收了富营养信号的 CDK2 并不直接进入核内,而是通过磷酸化名为磷酸丙糖异构酶(TPI1)的糖酵解酶并将其引入细胞核。进入核内的 TPI1 可以通过生成全新的代谢物乙酰 DHAP 来降低 DHAP 对组蛋白去乙酰化的促进,进而导致组蛋白乙酰化和基因转录的激活,实现细胞增殖。(黄辛)

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s42255-021-00405-8>

120 度“鱼叉”实现高可见度双光子干涉

本报讯 中国科学技术大学郭光灿院士团队任希锋研究员与中山大学董建文、浙江大学戴道铎等研究组合作,在能谷相关拓扑绝缘体芯片结构中实现量子干涉。相关成果日前发表于《物理评论快报》。

拓扑光子学由于具有鲁棒性的能量输运性质,在光子芯片研究领域具有实用化的应用前景。产生拓扑相变的关键,在于通过破坏系统的时间反演对称性或空间反演对称性,在能级简并点产生能隙,从而形成受拓扑保护的边界态。具有不同亚晶格能量周期排布的六角光子晶体结构,可实现能谷光子拓扑绝缘体,从而可用于构建更紧凑的急剧弯折光学线路,提高光子芯片的器件集成度和鲁棒性。近年来,拓扑结构中鲁棒性的量子态传输成为热门研究方向,而量子干涉作为光子学信息过程的核心,尚未在拓扑保护光子晶体芯片中实现。

研究人员在硅光子晶体体系中设计并制备出“鱼叉”形拓扑分束器结构。他们发现六角晶格结构的光子晶体中电场相位涡旋方向,依赖于不同拓扑陈数的晶格结构,以及其所处的能带位置,可以构造出两种不同结构的拓扑边界。基于能谷相关方向性传输机理,研究人员设计并加工了拐角可达 120 度的“鱼叉”形拓扑分束器,并演示了高可见度双光子干涉,干涉可见度达 95.6%。

该成果为拓扑光子学特别是能谷光子拓扑绝缘体结构应用于更深入的量子信息处理过程提供了新思路。审稿人认为,这是一个有趣且重要的工作,可能对高保真片上量子信息处理起到重要作用。(桂延安)

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.126.230503>

为探量子引力 LIGO“冻”至接近绝对零度



寰球眼

本报讯 美国激光干涉引力波天文台(LIGO)用来探测时空涟漪的一组 4 面镜子已经被冷却到几乎最低能量状态。这些镜子标记出了迄今为止如此接近这种寒冷的量子态的最大物体。相关研究成果 6 月 18 日发表于《科学》。

在量子尺度上,温度和运动是一样的:一个粒子振动得越多,它就越热。这些振动必须被移除才能使物体进入基态。到目前为止,研究人员只在质量不到 1 克的物体上实现过。

现在,美国麻省理工学院 Chris Whittle 团队已经将一个有效质量为 10 千克的系统,从室温冷却到 77 纳米开尔文,即接近绝对零度。具体而言,整个系统由 4 面镜子组成,每面镜子重 40 千克,但它们一起振动时,就像一个 10 千克的物体。

该团队利用 LIGO 众多反馈系统中的一

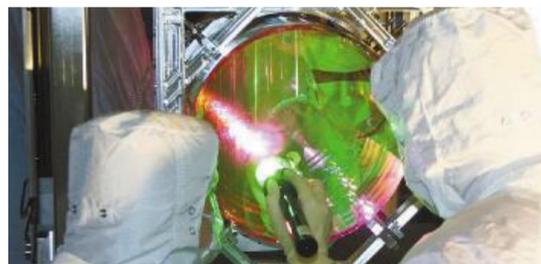
个实现了这一目标。在这个反馈系统中,一束光照射在一面镜子上以测量它的振动,然后用一个电磁场减缓它的运动。Whittle 表示,这有点像在荡秋千,人们能用与秋千摆动相反的作用力让秋千停下来。

由于研究人员想要消除的振动非常微小,他们需要极其精确地测量振动以施加正确的推力,这也是他们使用 LIGO 精确系统进行这项工作的原因之一。通过该方法,他们在给定时间内将系统中振动的平均数量从大约 10 万亿减少到略低于 11 个。

研究人员表示,该研究有助于解释为什么人们通常看不到量子态的宏观物体,一些物理学家认为这可能是由于引力的影响。研究小组成员 Vivishesh Sudhir 说:“想要测试这一点,需要满足两个条件——足够大的物体并让这个物体处于量子态,这样就可以测量引力对它的影响。”

Sudhir 表示,利用这种量子态也可以让 LIGO 等科学仪器实现更高的精度,但这是遥远的未来。(辛雨)

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1126/science.abb2634>



LIGO 的镜子已经被冷却到接近绝对零度。
图片来源:Caltech