



视觉中国供图

“临沂动物群”重见天日 加入寒武纪生命大爆发解谜团队

◎本报记者 张晔

在距今约5.3亿年前,一个被称为寒武纪的地质历史时期,地球生物界发生了翻天覆地的变化:在2000万年的时间内,地球上突然涌现出各种各样的动物,它们不约而同地迅速起源、同时出现。

这就是著名的寒武纪生命大爆发。这些动物为何会在短时间内大量出现,至今仍被国际学术界列为“十大科学难题”之一。

为了解开这个难题,科学家在世界各地广泛

收集寒武纪生物化石。但奇怪的是,寒武纪特异埋藏化石库的时间和空间分布并不均匀,大多数著名的寒武纪特异埋藏化石库都集中分布在华南板块和劳伦大陆(今北美大陆的主体)。

前不久,《国家科学评论》在线发表了中国科学院南京地质古生物研究所的一项最新成果,科研人员在华北地区首次发现距今约5.04亿年的寒武纪特异埋藏化石库,并将其命名为“临沂动物群”。这一发现让我们对5亿年前发生在华北板块上的生命演化故事,有了更为清晰的认识,也为研究地球生命演化打开了一扇新的窗口,补上了一块新的拼图。

寒武纪生命大爆发的未解之谜

对于过去,人类总有一种天生的好奇和敬畏;对于生命,人类也还有很多未知等待探索。

地球上所有的生命形式可以分成7大类:动物、真菌、原生动物、植物、古菌、细菌和病毒。其中,动物是从寒武纪开始集中、大量出现的。

中国科学院南京地质古生物研究所寒武纪大爆发研究团队的赵方臣研究员介绍说,在寒武纪早期几千万年的时间内,突然出现门类众多的无脊椎动物。节肢、腕足、蠕形、海绵、脊索动物等一系列与现代动物形态基本相同的动物在地球上来了个“集体亮相”。随后,包括脊椎动物在内的几乎所有动物门类在几百万年间快速出现,前寒武寂静的海洋瞬间变成了热闹的动物园。

也就是说,在不到地球历史1%的时间里,寒武纪生命大爆发诞生了地球上绝大多数动物门类,奠定了现今动物门类多样性的框架。

但是,令科学家不解的是,在早期更为古老的地层中,长期以来没有找到其明显的祖先化石

的现象。同时,寒武纪特异埋藏化石库的时间和空间分布也不均匀,大多数著名的寒武纪特异埋藏化石库都集中分布在华南板块和劳伦大陆。

比如大家比较熟悉的布尔吉斯动物群在北美洲的加拿大发现,澄江动物群在我国的云南发现。而2019年在宜昌发现的清江生物群,与澄江动物群同属于华南板块。

这种地理分布的不均衡在寒武纪中期(苗岭世)表现最为明显:这一时期几乎所有的特异埋藏化石库都位于劳伦大陆,而此时恰恰是寒武纪演化动物群最为繁盛的阶段。“因此,这些客观条件在很大程度上制约了我们对寒武纪演化动物群面貌和格局的全面认识。”赵方臣说道。

我国是一个化石资源非常丰富的国家。据地质古生物学家调查发现,华北地区有大量的寒武纪地层,但长期以来,还没有发现类似的软躯体保存的特异埋藏生物群。理论上,华北板块不可能错过寒武纪生命大爆发,那么,这些化石究竟埋藏在哪儿呢?

超35个化石类群现身“临沂动物群”

近年来,中国科学院南京地质古生物研究所寒武纪大爆发研究团队在这一地区展开了大量野外工作,并选取代表性层位和剖面进行了集中采集,收集到了数千枚精美的化石标本。

本次综合研究的“临沂动物群”来自山东省临

沂市西郊的寺口剖面,软躯体化石集中产于寒武系张夏组盘车沟段下部的黑色与黄绿色页岩中。科研人员根据其中的三叶虫,确定特异埋藏化石库的时代为距今约5.04亿年寒武纪苗岭世鼓山期的早期,稍微晚于布尔吉斯页岩生物群。

想实现即时调温,只需轻轻按一下这块“鱿鱼皮肤”

◎王怡博

近日,美国加利福尼亚大学尔湾分校(UCI)化学与生物分子工程系副教授阿隆·戈罗德茨基带领的团队在《自然·可持续性》上发表了一篇文章,称他们找到了制备大面积“鱿鱼皮肤”的方法。当这种皮肤用作包装材料后,人们能根据需求即时调节它的温度。

以鱿鱼为原型设计复合材料

戈罗德茨基在UCI的采访中称,他偶然在一次会议上听了生物学家汉隆·罗杰关于头足纲动物的报告后,便开始对这类神奇的动物感兴趣。头足纲动物包括墨鱼、鱿鱼和章鱼。罗杰花了30多年的时间试图了解这些“头部长在足上的动物”,其中,它们快速自适应变色的能力最令他着迷。

但头足纲动物其实是“色盲”,它们的眼中只有一种光感受器,色觉则至少需要两种光感受器才能形成。这令人不解,因为头足纲动物明明能让自己和环境混为一体,如果分不清颜色,它们又是如何根据环境“换肤”以实现藏身的呢?后来,罗杰和同事发现:头足纲动物的皮肤布满了具有感光能力的视蛋白,且与眼睛里的属于同一种视蛋白。也有猜想认为,头足纲动物瞳孔形状特殊,可以放大色差,从而分辨不同波长的光。

尽管他们知道这并不能解决上述的颜色感知问题,但也发现皮肤或许发挥着某些作用。也就是说,头足纲动物的皮肤也许能“看”到光。此外,科学家也基本破解了皮肤在制造不同颜色中所起到的作用,尤其是皮肤的组成和结构。

头足纲动物的皮肤就像一面奇幻的显示屏,决定屏幕颜色的是像素,皮肤上对应的是色素体(但只是粗略类比)。每个色素体细胞包含一囊有色的化学物质(主要有红、黄、棕3种),色素囊周围还连接着几十个肌肉细胞。这些肌肉细胞的收缩或放松,能在不到1秒的时间内使色素囊的面积增加或减小。因此肌肉细胞的运动,能改变色素的暴露面积,以及是否被暴露出来,从而影响入射光线的反射特征,以及皮肤的颜色。

戈罗德茨基想要借用这种机制来调控入射光线。相比于头足纲动物,他们只需要聚焦于传递热量的红外线,而不是整个光谱。因此,研究人员的第一步就是把红外反射材料——铜沉积在柔性的铝箔上,然后使这个较薄的铜层上生长一个个“铜柱”。在这里,研究人员想让一个个“铜柱”扮演鱿鱼色素囊的角色。他们还选择了一种叫做苯乙烯—乙烯—丁烯—苯乙烯(SEBS)的共聚物,作为色素囊的支撑体,其中SEBS对红外光线透明。他们将SEBS喷涂在铜层上,并使“铜柱”嵌在SEBS涂层内。随后,在将铝箔刮开后,便得到了以鱿鱼为原型设计的复合材料——

“鱿鱼皮肤”。

想象一下以下2个画面:当鱿鱼的肌肉细胞向外拉扯色素囊时,色素囊面积变大,从而覆盖更多的上层真皮;而当肌肉细胞舒张或放松时,色素囊则变为平常的大小,彼此分隔较大的距离,使更多的真皮暴露出来。作为类比,研究人员想到,可以对复合材料施加机械应力,使原本几乎连续排布的铜层发生断裂,铜层上生长的“铜柱”也随之分离,同时让下方的SEBS暴露出来。这必然会影响到入射光线在穿过这些结构时的行为。

在没有应力时,连续铺满的铜层能使红外线几乎全部反射出去,而几乎不发生透射。在施加30%的应力后,只有约78%的红外线发生反射,透射的占比则增加至约11%,其余的红外线被材料吸收。而且,随着应力的增加(小于100%),反射和透射的比例会随之分别减小和增加。

2019年,戈罗德茨基带领的团队曾基于这种材料制成了一种袖子,并比较了有无袖子,以及有无应力下前臂皮肤的温度。他们发现,如果不施加应力,相比于裸露的前臂,袖子下的皮肤温度会高1℃左右。即平整的材料有利于“捕获”热量,起到极好的保温作用。但如果想要凉快一点的话,不用立刻脱下袖子,只需对袖子施加50%的应力即可。这时候,多穿的一层袖子只会让前臂的温度增加0.1℃左右。相关研究结果发表于《自然·通讯》。

澄江生物群代表了寒武纪生命大爆发的高峰期。在那之后,生命演化呈现什么规律,与奥陶纪生命大辐射如何衔接?解开这个谜团就需要“中寒武统”的华北板块“接力”跑下去。

赵方臣告诉记者,目前,已有超过35个化石类群在“临沂动物群”中被发现,丰富了这一时期海洋生物与群落的多样性面貌。其中组合中多样性最高的类群是非三叶虫节肢动物,又以奇虾类和莫里森虫类最为引人注目。除节肢动物以外,多样的海绵动物和蠕虫状动物也值得进一步深入研究。

““临沂动物群”中的化石大部分为软躯体形式保存,且许多都保存了精细的解剖结构,如附肢、眼睛、消化系统和刚毛等,为我们进一步了解这些生物的解剖结构提供了新信息。”赵方臣说。赵方臣表示,软躯体动物极易分解腐化,很难保存为化石,只有在特定条件下才能形成化石。在华北地区,过去也有科学家采集了大量寒武纪化石,但都是保存在硬质的碳酸盐中,化石大多为三叶虫的骨片,而对泥岩的采集鲜有涉足。经过对软躯体化石保存条件的深入研究,赵方臣决定对华北地区细腻的泥岩进行挖掘。经过数年的采集,大量寒武纪软躯体动物化石重见天日。

科研人员发现,与其他经典的布尔吉斯页岩型特异埋藏化石库一样,临沂特异埋藏化石库中的软躯体结构以碳膜的形式保存在背景层与事件层交互出现的地层中,证实了类似的埋藏学路径在软躯体化石保存中具有普遍性。

华北首次发现寒武纪特异埋藏化石库

作为华北板块第一个被综合研究的寒武纪特异埋藏化石库,科学家对“临沂动物群”寄予厚望。它有望为华北寒武纪特异埋藏化石库的研究开启新的篇章。

“在寒武纪时期,地球大陆的板块与现在大不相同,我国的华北板块与长江流域的扬子地台、华南地区的华南褶皱区还处于分离状态。华北板块是一个独立块体,当时临沂所在的位置,大概位于华南和加拿大中间,是茫茫大洋中的一块孤岛。”赵方臣说,作为中国传统“中寒武统”的标准地区,华北板块的寒武纪中期地层序列完整,化石丰富,是寻找这一时期特异埋藏化石库的潜力地区。

而远在数千公里之外的华南板块,澄江生物群代表了寒武纪生命大爆发的高峰期。在那之后,生命演化呈现什么规律,与奥陶纪生命大辐射如何衔接?解开这个谜团就需要“中寒武统”的华北板块“接力”跑下去。

保存为化石,只有在特定条件下才能形成化石。在华北地区,过去也有科学家采集了大量寒武纪化石,但都是保存在硬质的碳酸盐中,化石大多为三叶虫的骨片,而对泥岩的采集鲜有涉足。

经过对软躯体化石保存条件的深入研究,赵方臣决定对华北地区细腻的泥岩进行挖掘。经过数年的采集,大量寒武纪软躯体动物化石重见天日。

科研人员发现,与其他经典的布尔吉斯页岩型特异埋藏化石库一样,临沂特异埋藏化石库中的软躯体结构以碳膜的形式保存在背景层与事件层交互出现的地层中,证实了类似的埋藏学路径在软躯体化石保存中具有普遍性。

“我们认为生命演化是有连续性的,华北板块发现的‘临沂动物群’正好接上了澄江生物群,可以研究两者之间的相关性。”赵方臣表示,华北板块寒武纪特异埋藏化石还有待进一步发掘研究,有望在更晚的地层中获得新的发现,把寒武纪到奥陶纪的生命演化故事讲得更完整。

同时,“临沂动物群”与同期的北美特异埋藏化石库之间有许多相同的生物类型,其中一些珍稀节肢动物,如迷音虫和莫里森虫,即使在原产地北美也十分少见,这暗示了华北与北美软躯体动物群在这一时期的密切联系。

通过聚类分析、非度量性多维标度变换和网络分析等定量分析手段,科研人员进一步明确了华北与北美软躯体动物群之间的联系。“这表明华北可能充当着东冈瓦纳与北美之间的生物地理纽带。不过,由于来自不同角度的古地理证据尚存在差异,这种联系的生物地理解释还需要进一步的研究评估。”赵方臣说。

新知

蛋白质三维重构新算法 助力蛋白质结构解析

科技日报讯(记者 顾满斌)近日,兰州大学信息科学与工程学院路永钢教授课题组与兰州大学生命科学院副教授朱莉以及美国欧道明大学计算机科学系何静教授合作,提出了一种基于球面嵌入的蛋白质三维重构算法,有助于从冷冻电镜图像中重构出更加准确的蛋白质三维结构。相关成果在线发表于《通讯生物学》。

蛋白质结构解析是分子生物学的核心课题,对于人们认识蛋白质的功能,理解疾病的发病机理,进行药物设计和疾病治疗等都具有非常重要的意义。近年来,冷冻电镜技术在测定生物大分子结构方面取得了突破性的进展。

单颗粒分析是冷冻电镜测定蛋白质结构的主流技术。在利用冷冻电镜获得大量同一种蛋白质分子的二维投影图像后,该技术利用三维重构算法可以计算出蛋白质的三维结构。其中,蛋白质三维重构的核心问题是估计每个投影图像的投影方向,其本质是一个非凸优化问题。现有的算法大多是基于模板匹配,或者是基于期望最大化的参数估计算法,容易受到初始参数选取的影响,可能会重构出错误的蛋白质结构。

为了提升三维重构结果的可靠性,路永钢课题组在该研究工作中充分利用了全体投影图像在投影方向以及等价线方面的全体一致性约束,通过两次球面嵌入获得了在三维空间中满足全体投影图像一致性约束的投影方向估计,进而计算出了蛋白质的三维结构。这种方法的特点是不需要初始模板,尽量从数据内部挖掘约束条件,对初始化依赖较小,因而提高了重构结果的可靠性和准确性。另外,路永钢课题组还提出了新的投影方向表示方法,利用两个互相垂直的向量来表示投影方向,并且讨论了这种表示和通常使用的欧拉角表示的等价性。

实验结果证明了该论文提出的球面嵌入算法可以更准确地估计投影方向,并且在噪声比较高的情况下,该算法能大大降低投影角估计的误差。三维重构的结果也证明了利用该算法在不同噪声水平及不同数量的投影图像上进行重构时都具有一定的优越性,得到的重构结果具有更高的分辨率,也更加接近于真实结构。

基于简并腔中涡旋光子的 拓扑量子模拟首次实现

科技日报讯(记者 吴长锋)4月20日,记者从中国科学技术大学获悉,该校郭光灿院士团队李传锋、许金时、韩永建等人将携带不同轨道角动量的光子(又称为涡旋光子)束缚在简并光学谐振腔内,通过引入光子的自旋轨道耦合人工合成了一维的拓普学晶格,为拓扑量子模拟开创了一种新的方法。研究成果4月19日发表在国际期刊《自然·通讯》上。

由于三维物理世界的限制,往往难以研究三维以上的物理系统的性质及演化特性。研究人员提出可以通过人工合成维度的方式来解决。例如,在一个三维系统中引入两个人工合成维度,就可以在该系统上研究五维的物理性质。

涡旋光子携带的轨道角动量数目原理上可以无限,是构建人工合成维度的理想载体。我国学者周正威教授研究组早在2015年就首次理论提出基于人工合成光子轨道角动量维度实现量子模拟的方案。李传锋、许金时等人在这一方向上进行了长期的实验探索,先后搭建了基于平面镜、球面镜和椭球面镜的简并光学腔,实现腔内超过46阶轨道角动量模式的谐振。在此基础上,研究组创造性地在驻波简并腔中引入具有各向异性的液晶相位片,实现腔内涡旋光子轨道角动量和光子自旋的耦合。腔内光子所携带的轨道角动量是整数分立的,与一维离散晶格相对应。因此携带不同轨道角动量的光子可以等效为位于不同晶格格点上的准粒子,并通过自旋自由度将具有不同轨道角动量的光子耦合起来,从而模拟组在不同晶格格点之间的来回跃迁。利用共振能谱探测技术,研究组直接刻画了该自旋轨道耦合系统的态密度和能带结构。利用该实验装置优异的可调谐性能,清晰展现了周期性驱动系统能带打开和闭合的演化过程。研究组进一步引入不同的演化时序,系统地研究了不同拓朴结构的特性并探测到拓扑数。

这项成果验证了利用涡旋光子固有自旋和轨道角动量作为人工合成维度的可行性,为研究丰富的拓扑物理系统提供了一个高度紧凑的实验平台。

凤蝶的斑斓五彩

或源于基因快速进化

科技日报讯(记者 赵汉斌)因为丰富的色彩和形态多样性,蝴蝶长期以来是昆虫生态与进化研究的重要主题。近日,中国科学院昆明动物研究所进化基因组学与基因起源学科组在蝴蝶颜色进化方面的研究取得新进展,为了解凤蝶色素的起源提供了新见解,同时为探索蝴蝶的进化、生态学和保护提供了重要的理论基础。相关结果在线发表在英文期刊《动物学研究》上。

蝴蝶是凤蝶总科的物种统称,因其形态多样性,自达尔文时代就是研究物种适应性进化的重要类群之一。近年来,它更被认为是研究形态遗传、进化和发育的理想模型,已成为发育生物学、进化生物学、种群遗传学、保护生物学和生态学等研究领域的重要模式生物之一。特别是凤蝶含有一类独特的凤蝶色素,有助于翅膀颜色多样性的形成,以及如躲避捕食者和抵御各种生物学功能的发挥,因此其同时也是探讨动物复杂性状起源和重塑的理想模型。

2015年,该学科组解析了金凤蝶及其近缘种柑橘凤蝶基因组,并以蝴蝶为例首次实现野生昆虫的基因编辑。为进一步探讨蝴蝶形态等表型多样性进化的遗传基础,2017年蝴蝶谱系基因组计划启动。作为先期研究,该学科组利用最新技术,解析了广泛分布在东亚、南亚以及东南亚,并对体色进化及物种分化具有重要研究意义的碧凤蝶的染色体水平的基因组、经典伪装物种枯叶蝶蝶染色体水平的高质量基因组。

近期,研究团队利用三代长读长测序技术又解析了包括凤蝶科的凤蝶亚科和绢蝶亚科的所有族的代表种类共11种凤蝶的高质量参考基因组,构建了族水平稳定的系统发育树。研究结果提示,位于模式基因和效应基因上游调控区的凤蝶科特异的非编码保守元件和转录因子结合位点的进化,以及效应基因的快速进化,可能促进了凤蝶色素的起源与进化。