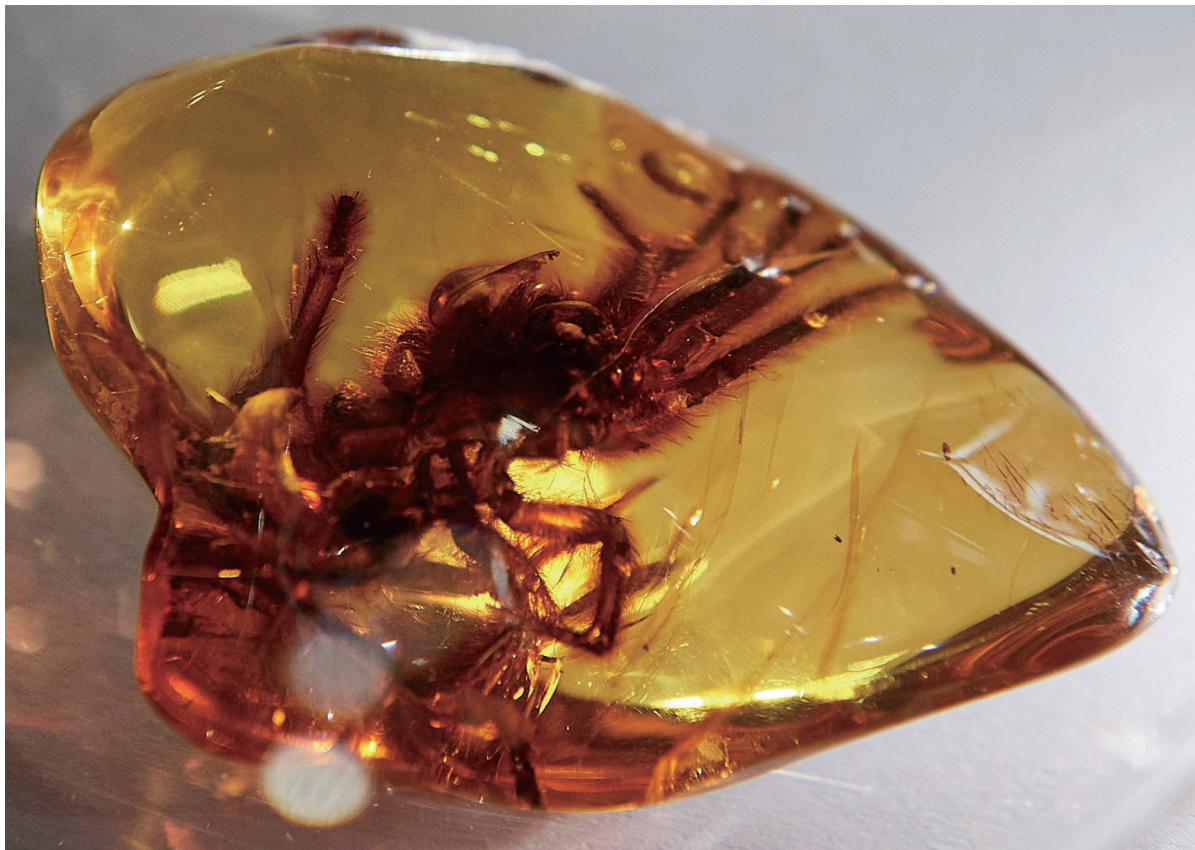


波罗的海琥珀 供图 / 沈海滨



琥珀的奥秘是怎么发现的

撰文 王硕 施超 韩伟琦

天然琥珀的形成至少需要上千万年，就算是最年轻的琥珀也远早于人类文明的出现。由于经历了漫长而又复杂的形成过程，琥珀内部产生了独一无二的封闭特性，封存在内的古生物保存完好，甚至有可能从中提取到基因片段，这使得琥珀化石具有非常重要的科研价值。电影《侏罗纪公园》中恐龙的复活，就是依靠从琥珀封存的昆虫体内的恐龙血中提取出DNA。不过电影毕竟是影视作品，按照目前的琥珀研究进展来讲，还没有办法从其中提取到足以复原整个体的古生物DNA。

琥珀的科研工作最早开始于19世纪末，当

时科学家们对其理化性质进行了研究，但是由于琥珀呈非晶态且溶解性很差，给分子结构的研究带来了很大困难。20世纪60年代，随着近代光谱技术的发展，琥珀的化学组成研究才得到了快速发展。

琥珀的化石研究工作已有上百年的历史，但在中国，琥珀化石科研可以说是刚刚起步。以缅甸琥珀为例，作为世界四大琥珀生物群（缅甸克钦琥珀生物群、福建漳浦琥珀生物群、波罗的海琥珀生物群、多米尼加琥珀生物群）之一，2014年以前我国关于缅甸琥珀科研成果的文章每年发表不足20篇，但在2015年以后，每年关于缅甸

琥珀科研成果的文章升至上百篇，至今已报道了上千种在缅甸琥珀中发现的新物种。2017年缅甸克钦邦封矿后，缅甸琥珀科研成果增长率略有下降，但总体依旧呈上升趋势。

化石是古地球科研最重要、最关键的材料，没有化石的支撑，古生物学与古地质学研究就无法进行。传统的古生物学化石研究工作首先是化石的野外采集，要准确记录化石采集时的地理位置、地层年代，鉴定描述工作包括对化石的磨制、修理、鉴定、照相、描述等，相机无法清晰成像的关键特征只能依靠手绘。后来，随着CT扫描等无损成像技术的出现和发展，古生物学研究也变得更加简易高效。

1895年，X射线成像技术诞生。第二年，德国古生物学家用刚发明出来的普通医用X光机对几块泥盆纪的化石进行了扫描，这是无损成像技术应用于古生物领域最早的记录。不过因为时代的技术限制，得到的图像分辨率不足以研究提供数据支撑，所以没有得到广泛推广。20世纪30年代，随着X光机分辨率的提高，该技术才得到普遍应用。

X射线成像是二维成像。对于琥珀化石这种具有明显三维结构的材料，想要呈现它们，只能通过连续的切片来实现，就是将化石材料切成多个薄片，最后再将各个薄片的影像数据组合起来。这样不仅会损毁化石，而且也得不到空间分辨率足够的影像。

X射线断层成像技术（ μ CT）的出现，不仅弥补了传统X射线在三维结构成像方面的不足，而且不伤害材料，达到了真正的无损成像。后来，随着CT设备的升级迭代，空间分辨率和精度不断提升。20世纪90年代，出现了一种新的成像方式——相位衬度成像。它通过记录X射线穿透标本后的相位变化来反映标本内部电子密度分布情况，从而得到标本内部的结构数据。相位衬度成像技术的出现解决了微体化石的三维重建难题，也为琥珀化石研究开辟了一条新的道路。

通过融合X射线断层成像与相位衬度成像等技术，同步辐射X射线相衬显微断层成像

（SRX-PC- μ CT）技术诞生了。它的空间分辨率可达到亚微米级，断层扫描的虚拟切面间隔可缩短至1微米以内，是目前实现化石无损三维显微成像的最佳方法。

2022年年初，青岛科技大学进化生物学团队在《自然—植物》（*Nature Plants*）上发表的封面文章《白垩纪缅甸琥珀中发现起源于南非的适火性鼠李科植物》，运用PC- μ CT技术，对琥珀中封存的通过显微观察和拍摄难以看清的植物特征进行了分析描述，并重建了花和果实的内部三维结构，最终在非洲南端找到了与一亿年前琥珀中的化石一模一样的现存植物，为被子植物大爆发之谜提供了新的证据和思路。

除了CT技术，显微摄影技术的更新也为琥珀化石研究工作带来了极大的便利。显微摄影是在显微观察的基础上增加了拍摄功能，使显微镜下的视野通过图片的形式表现出来的一种技术。目前已经研发出了基于体视显微镜的显微摄影系统和大像素显微堆叠系统，以及配备了荧光激发设备的显微镜观察系统，用于对在自然光条件下不易观察和拍摄的琥珀内含物的细节形态进行荧光观察和拍摄。这样可以在不切片的情况下直接观察材料，极大地提高了琥珀化石研究的便利性。

琥珀化石尚拥有巨大的科研潜力，这些来自数千万乃至上亿年前的古老生物化石是复原古生态环境以及解答生物演化谜题的关键，并可以为我们理解和改善当今的生态环境提供新的数据和思路。相信在日后的古生物学研究工作中，琥珀化石会有更多意义重大的科研成果产出，做出更加重要的贡献。

（责编 桑新华）