
研究揭示石炭纪两栖昆虫登陆演化进程

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41678.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

研究揭示石炭纪两栖昆虫登陆演化进程

。陆地复杂生态系统的建立，是地球生命演化史上的里程碑，标志着生命彻底摆脱海洋束缚，开启了陆地生物多样性演化的全新阶段。分子钟估算、遗迹化石及特异埋藏生物群证据表明，节肢动物登陆的演化进程可追溯至寒武-奥陶纪时期，远早于传统化石记录的认知。作为地球上物种多样性最高的动物类群，昆虫的早期起源与登陆演化历史长期存在研究空白。

此前，古生物学界存在著名的“六足动物空缺期”，即分子钟推算六足动物早在寒武-奥陶纪便与海洋甲壳动物分异演化、开启陆地适应进程，但全球已发现的无争议六足动物化石仅追溯至早泥盆世（约4.05亿年前），而确凿的昆虫化石直至晚石炭世才大量出现，二者之间存在长达8000万年的化石记录缺失。同时，早期昆虫如何从水生、半水生环境逐步适应陆地生活，其躯体构型的演化过程始终缺乏直接化石实证，学界对昆虫登陆的演化路径、形态革新和生态适应机制认知模糊。

近日，中国科学院南京地质古生物研究所联合国际科研团队，发现了晚密西西比亚纪、距今约3.24亿年的全新干群昆虫——先驱乔昔虫（*Chosha praecursor* Tihelka, Engel Cai, 2026），并重新研究了英国早泥盆世莱尼燧石生物群和美国晚石炭世马宗溪生物群的神秘干群昆虫化石。这批昆虫化石的发现，填补了昆虫早期演化的关键空白，修正了学界对昆虫躯体构型演化、泛甲壳动物登陆进程的传统认识，为揭示昆虫由水生向陆生的渐变式演化历程提供了核心实证。

本次科研团队发现的先驱乔昔虫化石，产自美国得克萨斯州西部马拉松隆起（Marathon Uplift）特斯纳斯组（Tesnus Formation）的钙质黏土岩结核中，保存完整、结构精细。团队借助交叉偏振光成像技术，解析出其独特的躯体形态特征，厘清了其长期被误判为甲壳动物幼体的误区。化石标本为雌性成虫，体长32.09毫米，包含1条中尾丝与2条尾须，总长可达49.66毫米，整体呈纺锤形，具备典型的六足动物和昆虫的衍征，并保留了原始祖先特征。

研究表明，先驱乔昔虫拥有昆虫标志性的产卵器、终尾丝等关键结构，胸部具分节躯干与六节步行足，符合昆虫躯体构型特征；但其最特殊的原始特征在于，腹部1~9节均发育分节附肢，且后部腹足特化为桨状结构，这一独特形态从未在现生冠群昆虫中发现。结合古环境分析，该化石产出地层为近岸浅水、三角洲滨岸环境，证实这一早期干群昆虫具备半水生两栖生活习性，栖息于水陆交界的湿润微环境。

依托详细的形态学观测与系统发育分析，研究团队重新修订了三件神秘的古生代六足动物化石，包括苏格兰早泥盆世的莱弗休姆虫（*Leverhulmia*）、美国马宗溪（Mazon Creek）生物群的未命名六足动物化石。系统发育重建结果证实，先驱乔昔虫与上述化石共同构成原始的昆虫基干类群

。该类群作为目前全球最古老的昆虫化石类群，串联起早期昆虫的演化谱系。

研究重塑了昆虫陆地演化的核心认知，针对困扰学界已久的“六足动物演化空缺期”，将确凿的昆虫起源与早期分化时间，从晚石炭世向前追溯至早泥盆世，调和了分子钟推算结果与化石记录之间的矛盾。

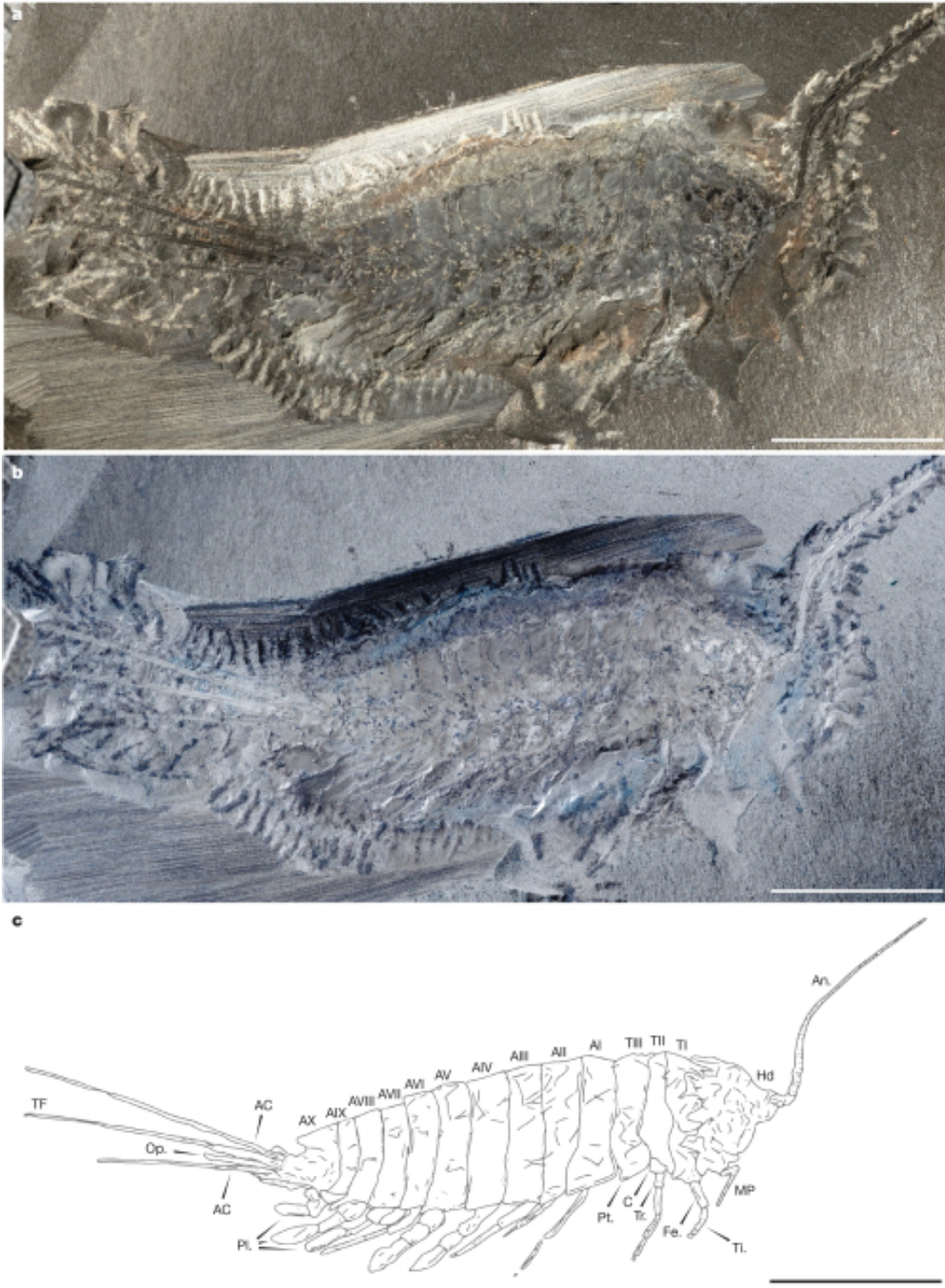
此前学界普遍认为昆虫登陆后直接演化出完全陆生的躯体结构，而本次发现的桨状腹足、两栖生活习性直接证明，昆虫登陆并非跨越式演化，而是经历了漫长的半水生两栖过渡阶段。此外，化石还揭示了昆虫躯体构型的关键演化规律。现生六足动物仅保留胸部六足，腹部附肢完全退化，而古生代基干昆虫普遍保留分节腹足，证实腹部附肢退化是昆虫适应陆地生活的关键演化革新，这一特征从水生甲壳动物的游泳足逐步简化、丢失，最终形成现生昆虫的标准躯体模式，厘清了甲壳动物向六足昆虫躯体演化的形态过渡机制。

先驱乔昔虫保存的原始产卵器结构，也证明早期昆虫已演化出多样化产卵适应能力，为其后续开拓多元陆地微生境、实现物种大辐射奠定了结构基础。同时，研究厘清了早期昆虫的生态适应情景。基干昆虫兼具水生运动、呼吸适应与陆生躯体结构，食性涵盖腐殖质、植物碎屑、真菌孢子及小型节肢动物，表明早期昆虫在水陆交界生态系统中承担分解者、捕食者等多元生态角色，是古生代陆地生态系统完善的关键类群。

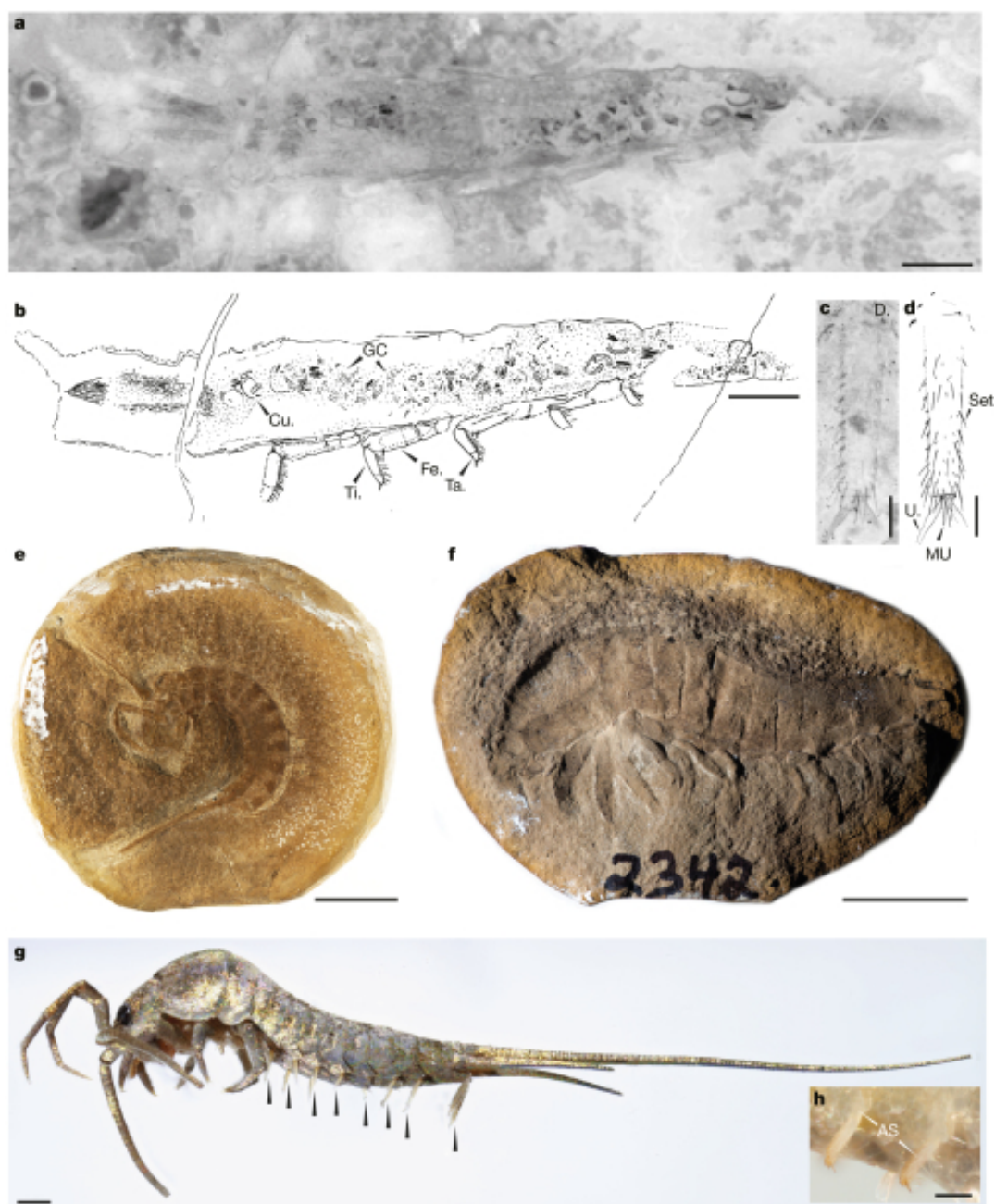
先驱乔昔虫及相关古生代基干昆虫化石完整还原了地球最成功动物类群的早期登陆演化历程，刷新了学界对昆虫体型演化、生态适应与陆地生态系统协同演化的认知。证实昆虫的陆地殖民是一个循序渐进的过程，水生结构的保留、改造与退化贯穿其早期演化全程，两栖过渡阶段的存在是昆虫最终征服陆地的关键演化基石。该成果不仅为解析六足动物的起源分异、躯体构型演化提供了珍贵化石证据，也为探究地球陆地复杂生态系统的起源与早期演化提供了全新研究视角。

相关研究成果发表在《自然》（Nature）上。研究工作得到国家自然科学基金委员会、科学技术部等的支持。

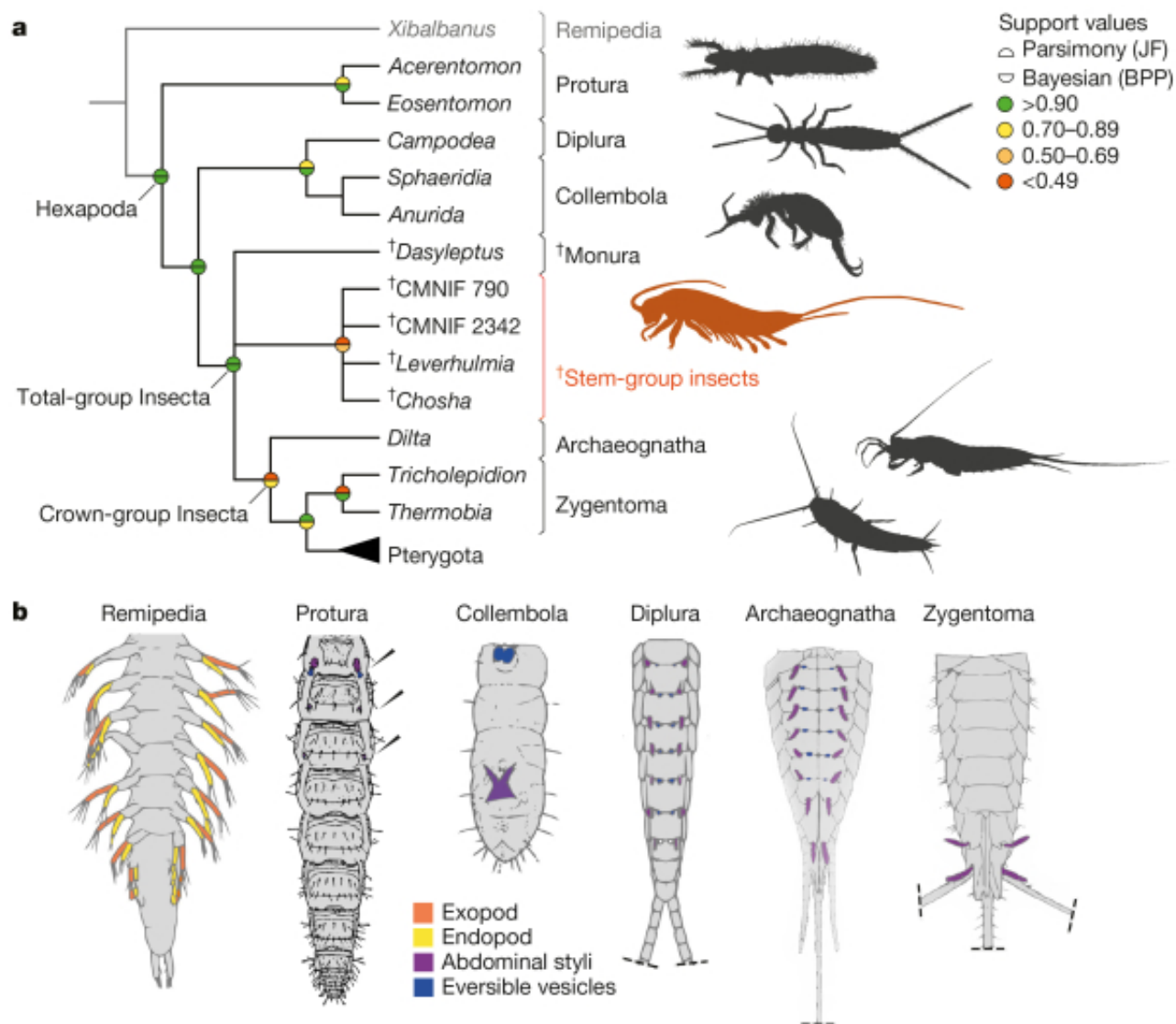
[论文链接](#)



美国得克萨斯州石炭纪特斯纳斯组（距今约3.24亿年）的干群昆虫先驱乔昔虫



干群昆虫与现生无翅昆虫的解剖结构细节对比



早期六足动物系统发育与重要特征演化



石炭纪先驱乔昔虫的古生态复原图（南京古生物所谭超绘制）

研究团队单位：南京地质古生物研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发