燕山地区发现迄今最早的多细胞真核生物化石

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/25971.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！

播放 暂停

进入全屏 退出全屏

00:00 00:00

- 3x
- 2x
- 1.5x
- 1x
- 0.75x
- 0.5x

1x

1月24日，中国科学院南京地质古生物研究所研究员朱茂炎带领的地球-生命系统早期演化团队，在《科学进展》（*Science Advances*）上，报道了在华北燕山地区16.3亿年前地层发现的多细胞真核生物化石。这些保存精美细胞结构的微体化石被认为是迄今全球发现最早的多细胞真核生物化石记录。这是继2016年在燕山地区发现15.6亿年前全球最早的宏体多细胞真核生物化石后，该团队在早期生命演化领域中的又一进展，将多细胞真核生物出现的时间进一步提前了7千万年。

当今地球上的复杂生命如形态各异的动物、陆生植物、真菌和宏体藻类均是多细胞真核生物。因

此，真核生物的多细胞化是生命向复杂化和大型化演化的必备条件，被认为是生命演化史上的关键事件之一。然而，真核生物最早何时发生多细胞化，也就是多细胞真核生物何时在地球出现，学界对这一科学问题尚无明确的答案和证据。

已知化石证据表明，简单的微体多细胞真核生物在距今10亿年左右的地层中便已出现并开始多样化，包括红藻、绿藻和真菌化石等。而在更古老地层中曾报道的多细胞真核化石，缺乏可靠的生物学证据（如多细胞结构和复杂形态），因此它们的多细胞特征和真核生物属性均存在较大不确定性，并受到普遍怀疑。

2016年，朱茂炎团队联合中国地质调查局天津地质调查中心研究员朱士兴等，在《自然-通讯》（*Nature Communications*）上报道了燕山地区15.6亿年前的宏体多细胞真核生物化石。这一成果突破了学界以往的认知，将地球上大型多细胞真核生物的出现时间从此前认为的6亿年前提前了将近10亿年，并由此推断真核生物发生多细胞化的时间应该更早。

为了论证这一推断，团队成员将在燕山地区早于16亿年前的古元古代晚期“长城系”地层中寻找多细胞真核化石记录作为研究课题，并在燕山地区多个剖面点采集了数百件长城系页岩样品。科研人员通过氢氟酸和盐酸等实验处理，获得了大量微体化石标本。研究人员在发现大量多种类型的单细胞真核生物化石的同时，在河北省宽城县翁家庄剖面长城系串岭沟组上部发现了本次报道的微体多细胞真核生物化石。含本次报道化石的地层顶部，曾报道有一层火山凝灰岩。其中的锆石铀-铅同位素定年结果为16.35亿年，为新发现的化石提供了直接的年龄约束。

这批发现的化石标本共278枚。它们是由单列细胞组成的无分枝的丝状体，丝状体直径20-194微米不等，最长可达860微米，无外鞘。因保存不完整，完整的丝状体长度未知。虽然丝状体整体结构相对简单，但表现出一定的复杂性，主要体现在形态上的变化。有些丝状体直径保持不变，细胞呈短柱状至长柱状；有些丝状体整体向一端均匀收缩，细胞呈柱状、桶状或杯状；而有的丝状体仅一端变细，其余部分直径不变。

通过测量可以表征丝状体形态变化的2个比值（即单个丝状体中细胞的直径和长度上的变化）和丝状体直径大小分布频率。结果显示不同类型的多细胞丝状体在形态上呈现连续过渡变化的特征，表明它们属于同一个物种。由于与前人在燕山中部天津蓟县地区串岭沟组页岩切片中报道的“壮丽青山藻”（*Qingshania magnifica* Yan, 1989）化石形态和大小相似，该研究将其归入同一个属种。

此前，研究将这些化石解释为原始绿藻，但可能由于化石图片不清晰以及生物学解释的证据不够充分，故自1989年报道以来未引起国内外同行关注。此次研究的新发现是壮丽青山藻的部分细胞内含有直径约15-20微米大小的圆形结构，位于细胞的中间或接近横向细胞壁的位置。圆形结构形态完整规则，质地均匀，大小和形态上可与现生的某些真核藻类的无性孢子类比，被解释为一种繁殖细胞。由此可见，壮丽青山藻是通过孢子繁殖的生物。研究根据部分丝状体向一端变细或变粗的特征推测，壮丽青山藻可能为营底栖固着的生活方式，但尚未见固着器结构。

现生生物中，由单列细胞组成的丝状体生物种类繁多，在原核（细菌和古菌）和真核生物中广泛存在。研究综合比较丝状体形态的复杂度、细胞大小和繁殖方式发现，原核生物中没有可以与壮丽青山藻相对比的类型。据统计，目前已知的原核丝状体至少分布于12个门类147个属中，但多数个体较小，直径多在1-3微米，仅个别巨型蓝细菌和硫细菌直径能够达200微米，与壮丽青山藻

的直径相似。而这些巨型细菌的细胞全部为圆盘状，无任何形态复杂性。

而真核生物中，类似壮丽青山藻的丝状体生物较多，如异养的丝状真菌和丝状卵菌，特别是多数真核藻类均含丝状体如褐藻、黄藻、绿藻、红藻、轮藻、共球藻等。因此，研究认为壮丽青山藻为多细胞真核生物化石。综合分析表明，一些现生绿藻的藻丝体形态、细胞大小分布和繁殖方式等与壮丽青山藻接近。由此，研究提出壮丽青山藻是多细胞真核生物，且可能属于多细胞藻类，具有光合作用的代谢能力，但目前无法将其归属到具体现生门类中。

为了进一步验证壮丽青山藻的真核生物属性，该研究采用激光拉曼光谱仪对壮丽青山藻的有机质成分进行谱学分析，并以同层位产出的3种蓝细菌化石作为对比组。所有分析化石的拉曼光谱特征表明，化石有机质成分是无序碳质物质。根据拉曼地质温度计估算出的最大埋藏温度为205-250 °C，表明化石经历了低级变质作用，排除了现代生物污染的可能性。拉曼光谱的主成分分析结果显示，壮丽青山藻的有机质组成明显不同于蓝细菌化石，为其归属为多细胞真核生物的解释提供了支持。

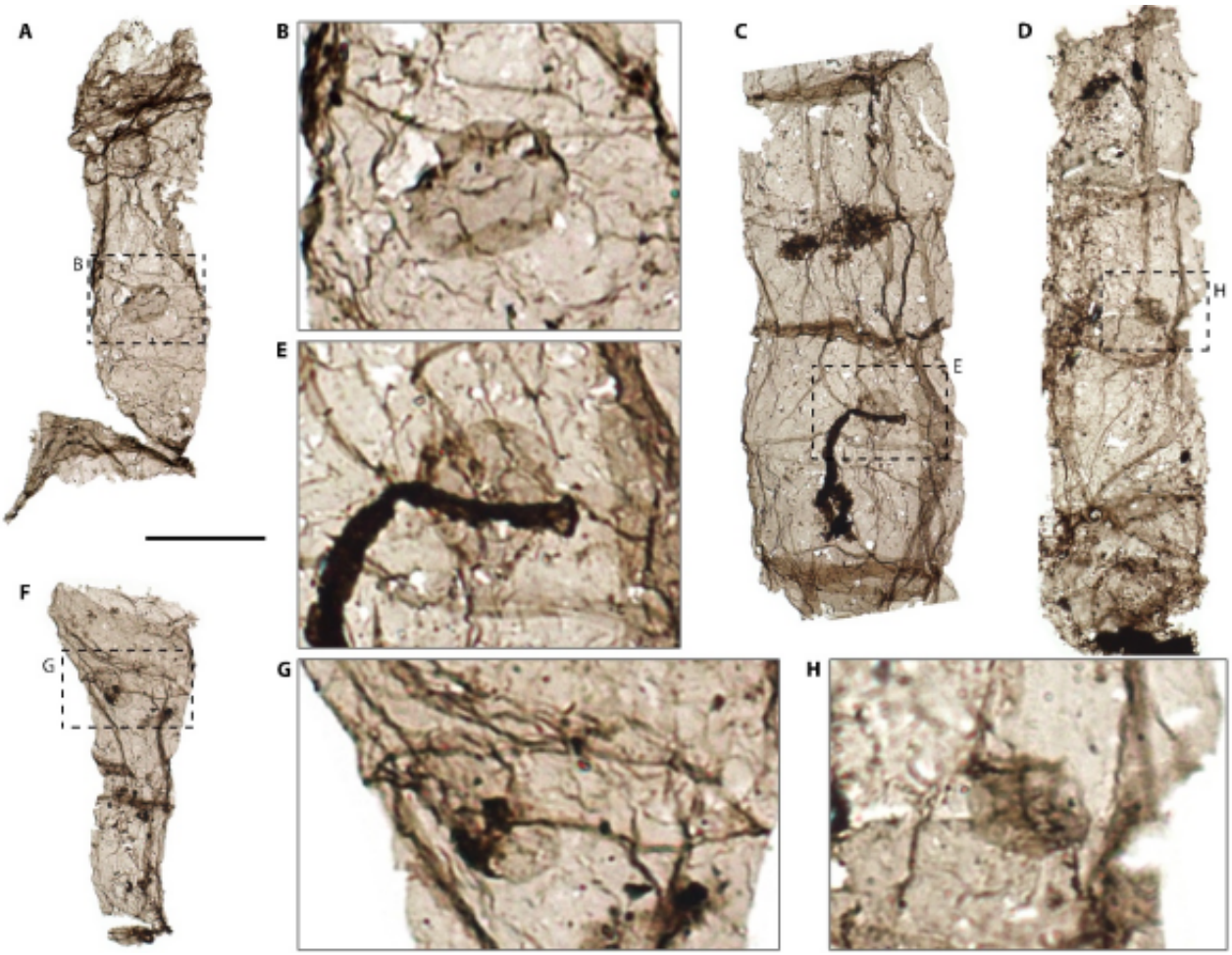
目前，学界普遍接受的真核生物最早化石记录发现于我国华北和澳大利亚北部距今约16.5亿年之前的古元古代晚期地层中。壮丽青山藻的出现时间仅稍晚于这些最古老的单细胞真核化石，表明真核生物出现之后便迅速发生了复杂的多细胞化演化。真核藻类（泛色素体植物）属于冠群真核生物（现代真核生物）的一个支系。如果壮丽青山藻可确认为营光合作用的真核藻类，那么真核生物最后共同祖先应不晚于16.3亿年之前的古元古代晚期。这比当前学界普遍接受的时间提前了近6亿年，且与分子钟推算的时间基本吻合，为进一步揭示复杂生命的起源和早期演化过程的奥秘以及元古宙地球环境演变提供了新思考。

研究工作得到国家重点研发计划、国家自然科学基金委员会和中国科学院的支持。

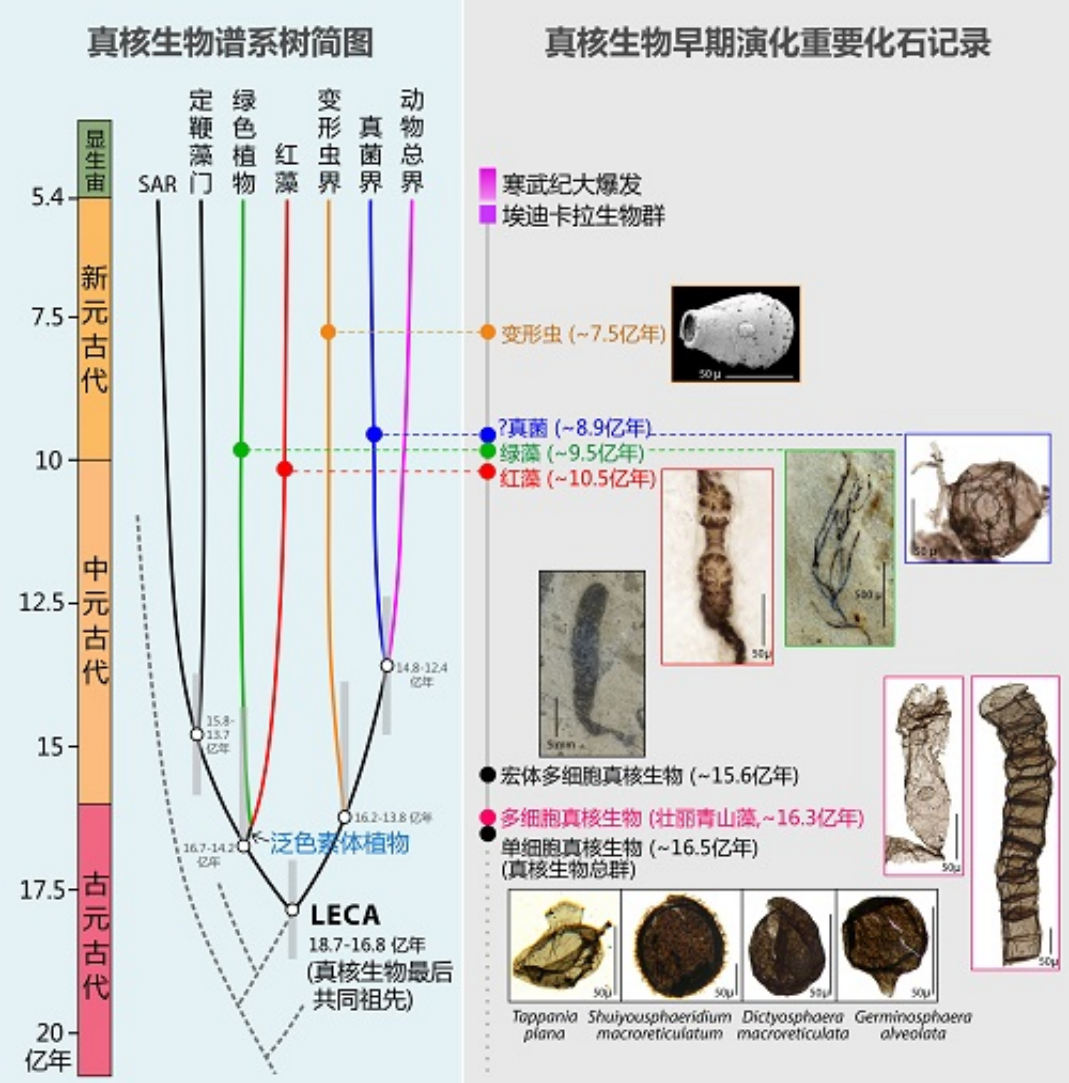
论文链接



串岭沟组中发现的壮丽青山藻.化石保存为有机质壁构成的多细胞丝状体，显示细胞大小和形态的变化引起的丝状体形态变化。丝状体直径向一端收缩（A-D、F-I、K），丝状体直径不变（J），保存有完整端部的丝状体（E、L）。比例尺对于F-H和K代表100微米，其余的代表50微米。



含有孢子结构的壮丽青山藻。比例尺对于A、C、D和F代表50微米。



真核生物谱系发生树简化图和真核生物早期重要化石记录.真核生物树中，虚线表示干群真核生物，实线表示冠群真核生物（真核生物最后共同祖先及其所有后裔）。分歧点上的浅灰色条带表示分子钟估算的分歧时间（Parfrey et al., 2011, *PNAS*
）。右图显示真核生物各类群最早的化石记录（据Miao et al., 2024b修改）

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转发