

虫子的一小步, 动物演化史上的一大步

朱茂炎^{1,2}

1. 中国科学院南京地质古生物研究所, 现代古生物学和地层学国家重点实验室, 南京 210008;

2. 中国科学院生物演化与环境卓越创新中心, 南京 210008

E-mail: myzhu@nigpas.ac.cn

动物大都具有成对的附肢。作为专门的运动器官, 附肢的出现使动物运动能力得到极大提高, 因而是动物演化史上的重大事件。动物由靠肌肉收缩的蠕动到由附肢支撑的爬行, 甚至游泳和飞翔的演化过程是一系列的演化创新。附肢也可以进一步特化为一些行使不同功能的器官, 头部附肢特化为感觉器官和取食器官, 胸部的附肢特化为足, 腹部的一部分附肢特化成外生殖器和尾须等。尽管不同类型的动物附肢在形态上差别很大, 但演化发育生物学研究表明, 不同动物的附肢, 如四足动物的四肢、多毛类的疣足、有爪类的叶足以及节肢动物的触须和附肢等, 都与Hox基因不同层次的调控和表达有关^[1,2]。

大约在距今5.3亿年前的寒武纪早期, 各种各样的动物在地球上快速出现(寒武纪大爆发)。其中, 具有附肢的节肢动物自寒武纪至现今一直是动物界中多样性最高的动物类群^[3,4], 具有复杂运动和捕食功能附肢的出现可能是节肢动物在寒武纪大爆发期间激烈的“军备竞赛”中胜出的关键因素之一, 被认为是一次空前的“附肢竞赛”^[2]。然而, 最早具有附肢的两侧对称动物出现于何时? 这是自1859年达尔文“物种起源”问世以来一直困惑古生物学家和演化生物学家的难题之一, 可为破解“寒武纪大爆发之谜”提供关键证据。无论是实体化石还是遗迹化石, 已知最早的、具有附肢的两侧对称动物可靠化石记录都发现于寒武纪早期(约540~535百万年前)^[4,5]。尽管分子系统学研究推测它们的祖先可能出现在距今6.35~5.41亿年前的埃迪卡拉纪, 但是在埃迪卡拉纪地层中一直以来都没有发现确切的化石证据^[4,6]。

2018年6月6日, 由中国科学院南京地质古生物研究所和美国弗吉尼亚理工大学组成的早期生命研究团队在《科学进展》(Science Advances)上发表了题为“Late Ediacaran trackways produced by bilaterian animals with paired appendages”的研究论文^[7]。文中报道了发现于湖北宜昌三峡地区埃迪卡拉系灯影组石板滩段灰岩(5.5~5.4亿年)中的足迹化石, 为破解具有附肢的两侧对称动物起源提供了

实证。该足迹化石由两列重复的“序列”或“簇”状痕迹组成, 明显具有成对附肢的两侧对称后生动物运动所留下的遗迹特征。虽然它们与寒武纪及其之后地层中产生的典型足迹相比稍显不规律, 但研究发现这些足迹所表现出来的特征反映了造迹生物可以通过附肢支撑身体脱离沉积物表面运动。同时, 这些足迹化石与潜穴相连, 表明造迹生物时而钻入沉积物表面微生物藻席内进行取食和获取氧气, 时而钻出微生物藻席在沉积物表面爬行。

三峡地区埃迪卡拉纪足迹化石是目前全球已知最古老的足迹化石记录, 证实了具有附肢的两侧对称后生动物在寒武纪之前的埃迪卡拉纪就已经出现, 足迹化石所展现的行为特征表明寒武纪大爆发之前动物的造迹行为已经具备相当高的复杂性。尽管到目前为止在保存足迹的地层中还没有发现造迹生物的实体化石, 但依据足迹化石推测造迹生物很可能是节肢动物、环节动物或它们的原始祖先。该发现同时证实了控制身体分节和附肢发育的基因在寒武纪大爆发前夕就已经产生, 为寒武纪早期动物的快速大爆发奠定了基础。



图1 (网络版彩色)三峡地区埃迪卡拉纪灯影组足迹化石, 由两组足迹和三条潜穴组成(照片由陈哲提供)

参考文献

- 1 Panganiban G, Irvine S M, Lowe C, et al. The origin and evolution of animal appendages. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1997, 94: 5162–5166
- 2 Shubin N, Tabin C, Carroll S. Fossils, genes and the evolution of animal limbs. *Nature*, 1997, 388: 639
- 3 Zhao F, Caron J B, Bottjer D J, et al. Diversity and species abundance patterns of the early Cambrian (Series 2, Stage 3) Chengjiang Biota from China. *Paleobiol*, 2014, 40: 50–69
- 4 Erwin D H, Valentine J W. *The Cambrian Explosion and the Construction of Animal Biodiversity*. Colorado: Roberts and Company, 2013
- 5 Mángano M G, Buotois L A. The Cambrian revolutions: Trace-fossil record, timing, links and geobiological impact. *Earth Sci Rev*, 2017, 173: 96–108
- 6 Cunningham J A, Liu A G, Bengtson S, et al. The origin of animals: Can molecular clocks and the fossil record be reconciled? *BioEssays*, 2017, 39: e201600120
- 7 Chen Z, Chen X, Zhou C, et al. Late Ediacaran trackways produced by bilaterian animals with paired appendages. *Sci Adv*, 2018, 4: eaao6691