



对三峡地区发现的古老足迹化石的评述*

冯伟民**

中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008, wmfeng@nigpas.ac.cn

提要 我国三峡地区发现的已知最古老足迹化石, 使远古动物开启步行时代前推到了 5.51 亿年前, 为两侧对称动物在晚前寒武纪末就已出现提供了依据, 也为寒武纪生命大爆发可能开启于寒武纪前提供了有意义的信息。这一发现进一步提高了足迹化石在研究古老动物行为和了解重大生物事件所具有的价值。

关键词 三峡地区 最古老足迹化石 步行时代

中文引用 冯伟民, 2020. 对三峡地区发现的古老足迹化石的评述. 古生物学报, 59(2): 160–162. DOI: 10.19800/j.cnki.aps.2020.02.02

英文引用 Feng Wei-min, 2020. Comment on the ancient footprint fossils found in the Three Gorges area. Acta Palaeontologica Sinica, 59(2): 160–162. DOI: 10.19800/j.cnki.aps.2020.02.02

COMMENT ON THE ANCIENT FOOTPRINT FOSSILS FOUND IN THE THREE GORGES AREA

FENG Wei-min

Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China, wmfeng@nigpas.ac.cn

Abstract The known oldest footprint fossils discovered in the Three Gorges area, China have pushed ancient animals' walking to 551 million years ago, providing evidence for the emergence of bilaterally symmetrical animals at the end of the Precambrian. It also provided meaningful information for the Cambrian explosion that may have begun before the Cambrian. This finding further enhances the value of footprint fossils in studying ancient animal behavior and understanding major biological events.

Key words Three Gorges area, the oldest footprint fossil, walking age

2018 年, 美国《科学》(Science)杂志子刊《科学进展》(Science Advances)在线报道了中国科学院南京地质古生物研究所陈哲研究员等和美国科学家的一个重要发现, 引起了很大轰动。他们在

中国湖北省三峡地区埃迪卡拉纪(距今 5.51 亿年前)地层中发现了具有附肢的两侧对称后生动物所形成的足迹(图 1), 可能代表了地球上已知最古老的足迹化石(Chen *et al.*, 2018)。

投稿日期: 2018-11-28; 改回日期: 2020-01-09; 录用日期: 2020-04-05

* 国家自然科学基金项目(41921002)和中国科学院战略性先导科技专项(B 类)(XDB26010101)联合资助。

** 通讯作者: 冯伟民, 研究员, 主要从事寒武纪早期软体动物等研究。



图1 最古老的足迹化石(陈哲提供)
Fig.1 The oldest footprint fossils (provided by Chen Zhe)

这些足迹化石由两组足迹和三条潜穴所组成,它们有过渡有穿插。其中,两条平行的足迹与潜穴相连,反映了造迹生物行为的复杂性,即造迹生物可能时而钻入藻席层下进行取食和获取氧气(另有研究认为当时的海水可能是缺氧环境,而藻席的光合作用可以在局部产生氧气富集),时而钻出藻席层在沉积物表面爬行。这表明,这些足迹反映了造迹生物可以通过附肢支撑身体脱离沉积物表面,而以往发现的同时代动物遗迹化石都是动物贴伏在沉积物表面蠕动形成的。因此,研究者判断这种远古动物很可能是一类身体两侧对称、具有附肢的节肢动物或环节动物祖先。

在中国澄江动物群中曾发现已知最早的几乎趴在地面行走的叶足动物,例如啰哩山虫,它是最典型的跪地式行走者,被称之为开启步行时代的第一批动物(陈均远, 2004)。然而,澄江动物群叶足动物远不止这个种,至今已发现的叶足动物有 11 属 13 种(刘建妮, 2014)。而且,在进一步研究中发现,仙人掌滇虫显示了叶足动物附肢的分节早于躯干的分节,而躯干仍保留着柔软的蠕形状(图 2)(Liu *et al.*, 2011)。如此多样的叶足动物面貌显然表明,在早于澄江动物群之前的寒武纪时代乃至更早,或许还可向前追踪更古老的叶足动物,也就是所谓的第一批陆地生物的行走者。

此次陈哲的新发现无疑将动物界开始步行的时代前推到了前寒武纪末,同时也为具有附肢的两侧对称动物在晚前寒武纪末就已出现提供了又一证据。更有深刻含义的是,它为寒武纪生命大爆

发在前寒武纪末就已开始的观点提供了重要信息。

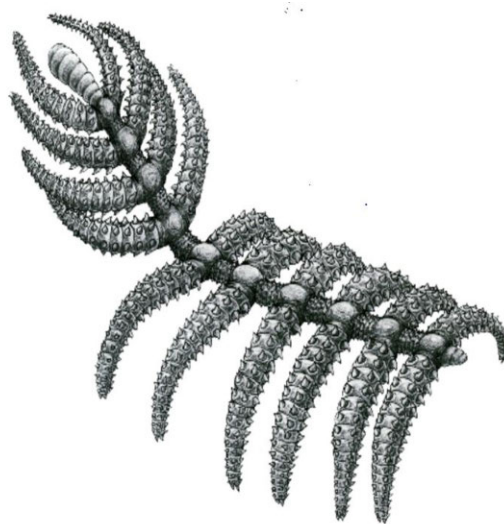


图2 寒武纪仙人掌滇虫复原图(引自 Liu *et al.*, 2011)
Fig. 2 Reconstruction of the Cambrian *Diania cactiformis* (after Liu *et al.*, 2011)

寒武纪生命大爆发是否开启于前寒武纪末,前寒武纪生物群与寒武纪生物群是否存在逐渐过渡的演化关系,尚有争议。最近的研究报道来自三年前,由中国科学院南京地质古生物研究所科学家带领的一个国际研究小组在著名杂志《地质学》上发表了寒武纪大爆发最新进展(Zhu *et al.*, 2017)。他们依据在俄罗斯远东西伯利亚地区获得的地层和古生物化石资料,证明寒武纪典型的动物管状等骨骼化石在前寒武纪晚期就已经出现,并与前寒武纪晚期典型的弱矿化的“克劳德管”等动物骨骼化石混生,从而表明寒武纪生物群与前寒武纪晚期埃迪卡拉纪生物群之间存在逐渐过渡的演化关系。

事实上,像海绵动物、刺胞动物等早在六亿年前的瓮安生物群就已发现,只是到了寒武纪生命大爆发时期才呈现出大辐射。澄江动物群的春光虫、八射珊瑚、海葵和布尔吉斯页岩海笔 *Thaumaptilon* 都是从晚前寒武纪延续至寒武纪的代表。

由此看来,寒武纪生命大爆发并非一蹴而就,但由于全球各大陆前寒武纪与寒武纪的地层之间几乎都存在一个巨大的“不整合面”,也就是说前寒武纪与寒武纪之间的地质记录具有明显的缺失,

因此造就了寒武纪生物群与前寒武纪生物群的巨大反差(Pyle *et al.*, 2006)。而且, 前寒武纪末期发生的一次全球性的生物大灭绝事件与全球海洋一次极为显著的碳同位素负异常事件(BACE事件)在时间上相当吻合, 似乎加强了寒武纪生命大爆发的突然性。然而, 前寒武纪与寒武纪混生的化石群出现的时代早于寒武纪早期碳同位素负异常事件(BACE事件)。因此表明, 此前所谓的前寒武纪末期生物大灭绝事件可能是由于地质记录不完整所造成的假象。

尽管这样, 前寒武纪与寒武纪足迹化石的比较研究表明了一个非常重要的现象, 那就是两个时代的生物面貌的差异确实非常惊人(Seilacher, 2007)。因为前寒武纪生物界足迹化石非常罕见, 已被发现的足迹也非常的简单, 所呈现生物面貌主要是营固着底栖生活、被动取食, 生物间缺乏竞争, 还没有建立起密切的生态关系。而寒武纪足迹化石异常丰富并具多样性, 生物面貌显得极为复杂化, 生物活动频率极大提升, 活动范围也大为拓展, 已扩大到海底潜穴、海底表栖、海洋中低层水中, 生活方式也非常多样, 如固着的、游移的、爬行的、钻埋的、游泳和漂浮的, 生物之间建立起了彼此竞争和依存关系, 形成了金字塔式的多级营养链, 由此反映出当时的海洋环境发生了重大而显著的变化。

诚然, 寒武纪大爆发中呈现的许多现象, 如生物造型上体现出来的两侧对称、生物用附肢爬行和各种生态行为乃至骨骼化现象等都可追溯到晚前寒武纪末, 但有趣的是, 只有到寒武纪大爆发, 才忽如一夜春风来, 各种生命现象一下子涌现了出来, 成为广泛呈现的主流现象。对于这一奇特现象的原因探索近来也有了重要进展。由中英俄三国古生物学者组成的团队最新发现, 大气和海洋的氧气含量变化, 是影响 5.4 亿年前寒武纪生命大爆发的关键因素。因为每次氧气含量增加, 动物种类就明显增多, 反之亦然(He *et al.*, 2019)。

前寒武纪-寒武纪转折时期, 遗迹化石显得尤为重要。前寒武纪生物由于普遍缺乏真正的骨骼, 保留下来的动物实体化石十分稀少, 只有在非常特殊的条件下才能保存下来。当直接证据缺失的

时候, 学者们只能通过遗迹化石来推测当时的环境, 反推是哪些生物留下的痕迹、它们有没有复杂的动物行为等等。因此, 那些比较可靠的遗迹化石, 能给我们提供前所未有的信息。

此次新发现的足迹化石, 无疑丰富了前寒武纪末足迹化石的信息, 提供了非常罕见的化石证据, 具有重要的科学意义。在中国三峡发现的足迹化石所提供的尽管是间接的证据, 也无疑为认识古老动物的行为, 海洋环境, 乃至寒武纪生命大爆发起源与演化提供了一条重要线索。

致谢 陈哲提供高清的化石照片, 评审专家提出宝贵修改意见, 在此一并致谢。

参考文献 (References)

- 陈均远, 2004. 动物世界的黎明. 南京: 江苏科学技术出版社. 1-367.
- 刘建妮, 2014. 寒武纪澄江化石库中叶足动物起源与演化浅析. 自然杂志, 36: 10-13.
- Chen Jun-yuan, 2004. The Dawn of Animal World. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press. 1-367 (in Chinese).
- Chen Zhe, Chen Xiang, Zhou Chuan-ming, Yuan Xun-lai, Xiao Shu-hai, 2018. Late Ediacaran trackways produced by bilaterian animals with paired appendages. *Science Advances*, 4: eaao6691.
- He Tian-chen, Zhu Mao-yan, Mills B J W, Wynn P M, Zhuravlev A Yu, Tostevin R, Pogge von Strandmann P A E, Yang Ai-hua, Poulton S W, Shields G A, 2019. Possible links between extreme oxygen perturbations and the Cambrian radiation of animals. *Nature Geoscience*, 12: 468-474.
- Liu Jian-ni, 2014. The origin and evolution of Cambrian lobopodians of Chengjiang fauna. *Chinese Journal of Nature*, 36: 10-13 (in Chinese).
- Liu Jian-ni, Steniner M, Dunlop J A, Keupp H, Shu De-gan, Ou Qi-ang, Han Jian, Zhang Zhi-fei, Zhang Xing-liang, 2011. An armoured Cambrian lobopodian from China with arthropod-like appendages. *Nature*, 470: 526-530.
- Pyle L J, Narbonne G M, Nowlan G S, Xiao Shu-hai, James N P, 2006. Early Cambrian metazoan eggs, embryos, and phosphatic microfossils from northwestern Canada. *Journal of Paleontology*, 80: 811-825.
- Seilacher A, 2007. Trace Fossil Analysis. Heidelberg: Springer. 1-226.
- Zhu Mao-yan, Zhuravlev A Yu, Wood R A, Zhao Fang-chen, Sukhov S S, 2017. A deep root for the Cambrian explosion: implications and chemostratigraphy from the Siberian Platform. *Geology*, 45: 459-462.