

四川盆地北缘发现白垩纪恐龙足迹化石

张羽, 佟柏霖, 邢立达*

ZHANG Yu, TONG Bolin, XING Lida*

中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083

School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

摘要:2020年10月,笔者在四川盆地北缘的四川省通江县下白垩统苍溪组粉砂岩层面之上,新发现5个恐龙足迹化石,其形态均与经典的兽脚类足迹 *Eubrontes* 相似(如双足动物所留,足迹宽,功能性三趾型,较短的第Ⅲ趾)。该发现表明, *Eubrontes* 这种中大型的兽脚类足迹广泛分布在四川盆地的下白垩统。该发现对于四川盆地北缘的古气候、古地理和地层对比都具有重要意义。

关键词:白垩纪;恐龙足迹;通江;四川盆地

中图分类号:P534.53;Q911 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2021)04-0527-04

Zhang Y, Tong B L, Xing L D. The discovery of dinosaur footprints in Cretaceous strata on the northern margin of Sichuan Basin. *Geological Bulletin of China*, 2021, 40(4): 527-530

Abstract: In October 2020, five dinosaur tracks were discovered on the bedding plane of the siltstone of the Lower Cretaceous Cangxi Formation in Tongjiang County, the northern margin of Sichuan Basin. Their morphology is similar to the classic theropods tracks of *Eubrontes* (such as bipedal, a broad pes, functionally tridactyl with a relatively short digit III). These tracks reveal that the medium to large-sized *Eubrontes* were widely distributed in the Lower Cretaceous of Sichuan Basin. This new discovery is of important significance to the paleoclimate, paleogeography and stratigraphic contrast of the northern margin of the Sichuan Basin.

Key words: Cretaceous; dinosaur tracks; Tongjiang; Sichuan Basin

四川盆地广泛分布白垩系沉积,并以红色陆相碎屑沉积为典型特征,特别是四川盆地北部红色沉积层分布最广^[1]。四川盆地中生代地层发育齐全,具有丰富的古生物化石群,如须家河植物群^[2]、马门溪龙恐龙动物群^[3]等,其中的恐龙骨骼与足迹记录丰富,门类较齐全^[3-4]。

川东北主要指以广元、巴中、南充为中心的四川北部地区,广义上的川北还包括广安及达州的部分地区。四川盆地北缘则包括广元市苍溪县,巴中市南江、通江县,以及达州市宣汉县。

川北地区的脊椎动物骨骼化石记录极少,而记录恐龙活动的动态证据——恐龙足迹在部分地区

有所报道^[5],此前记录都集中在侏罗纪^[5-7]。经叶勇等^[8]统计,目前四川地区共发现34处四足类足迹点,川北地区仅有4处,其中3处足迹点的造迹者为恐龙:①广安市岳池县黄龙乡深沟上侏罗统蓬莱镇组足迹点,遗迹属种为深沟黄龙足迹(*Huanglongpus shengouensis* Yang and Yang, 1987)^[5], Lockley等^[9]认为深沟标本的形态特征不足以建立遗迹属,实为疑名(*nomen dubium*),但标本三趾型,爪痕明显,可归为兽脚类恐龙足迹;②广安市岳池县黄龙乡袁家岩上侏罗统蓬莱镇组足迹点,遗迹属种为岳池嘉陵足迹(*Jialingpus yuechiensis* Zhen et al. 1983),造迹者为兽脚类恐龙^[10-11];③达州市宣汉县七里乡中侏罗统新田

收稿日期:2020-10-29;修订日期:2021-01-05

资助项目:国家自然科学基金面上项目《中国兰州-民和盆地恐龙及其他四足类足迹的形态学与演化》(批准号:41772008)

作者简介:张羽(1995-),女,在读硕士生,从事古脊椎动物实体与遗迹化石研究。E-mail:zhangyu199502@qq.com

* 通信作者:邢立达(1982-),男,副教授,博士生导师,从事古脊椎动物实体与遗迹化石研究。E-mail:xinglida@cugb.edu.cn

沟组足迹点,遗迹属为 *cf. Anomoepus*, 造迹者为基干鸟臀类恐龙^[12]。另外,中侏罗统下沙溪庙组的四川广元足迹(*Kuangyuanpus szechuanensis* Young, 1943)最初被 Young^[13] 鉴定为恐龙足迹, Lockley 等^[14] 进行再研究后认为, *K. szechuanensis* 是鳄类的游泳迹。

2020 年 10 月 1 日,杨哲睿及其家人在巴中市通江县毛浴镇(图 1)的下白垩统苍溪组中发现了 3 个三趾型兽脚类恐龙足迹化石,通知笔者后,笔者课题组于 10 月 10 日抵达足迹点开展相关研究,发现了更多的足迹。通过对苍溪组的足迹化石开展研究,确认该发现为四川盆地北缘首次记录恐龙足迹,可为当地白垩纪生物地层对比提供新证据。

1 地质背景

四川盆地位于扬子准地台的西北部,介于龙门山—大巴山台缘拗陷与滇黔川鄂台褶带之间,盆地呈北向菱形四边形展布^[15-18]。四川盆地属扬子准克拉通的一部分,是中生代发育起来的大型内陆盆地,其形成时代为晚三叠世—新生代^[19]。

川北地区位于上扬子台地西北缘,构造位置主体位于川北古中拗陷低缓带和川东古斜中隆高陡断褶带西北部,西临龙门山断裂带,东接川东古斜中隆高陡断褶带,南部为川中古隆中斜平缓带,北部与米仓山断裂带、大巴山断裂带相接^[20-21]。

川北地区白垩纪早期地层沉积最厚的地区主要位于广元及巴中一带,以一套多韵律的红色厚层细砂岩为主要特征^[22]。王孟筠等^[22] 将其自下而上划分为苍溪组、白龙组、七曲寺组、古店组。其中,苍溪组与其下伏蓬萊镇组顶部紫红色泥岩夹灰紫色细砂岩、粉砂岩呈平行不整合接触,与上覆白龙组底部灰白色块状砂岩、砾岩呈整合接触。苍溪组—白龙组最初被归属于上侏罗统,与上侏罗统蓬萊镇组混淆,直到 20 世纪 60—80 年代发现了一些钙质微体化石,特别是介形虫,才将苍溪组—白龙组的时代确定为早白垩世^[23-25]。侯学文等^[26] 根据苍溪组—白龙组的孢粉化石组合,将苍溪组的时代初步界定在瓦兰今期—欧特里夫期,而席党鹏等^[27] 将苍溪组的时代界定在贝里阿斯期—瓦兰今期。

苍溪组自下而上可划分为 19 层,含丰富的介形类化石,常见有 *Djungarica*, *Darvinula*, *Jingguella*; 双壳类 *Nakamuraia*, *Nippononaiia* 等; 叶肢介 *Yanjiestheria*; 鳄类 *Atoposauridae* 等^[28]。根据 1:20 万地质图通江幅(H-48-6)^①,本次发现的恐龙足迹化石位于苍溪组。足迹分布于大型粉砂岩垮塌物的层面上。

2 恐龙足迹

连续的 5 个三趾型足迹构成一道行迹(图 2-A),行迹编号为 TJ-T1,全长 5.5 m(图 2)。层面上

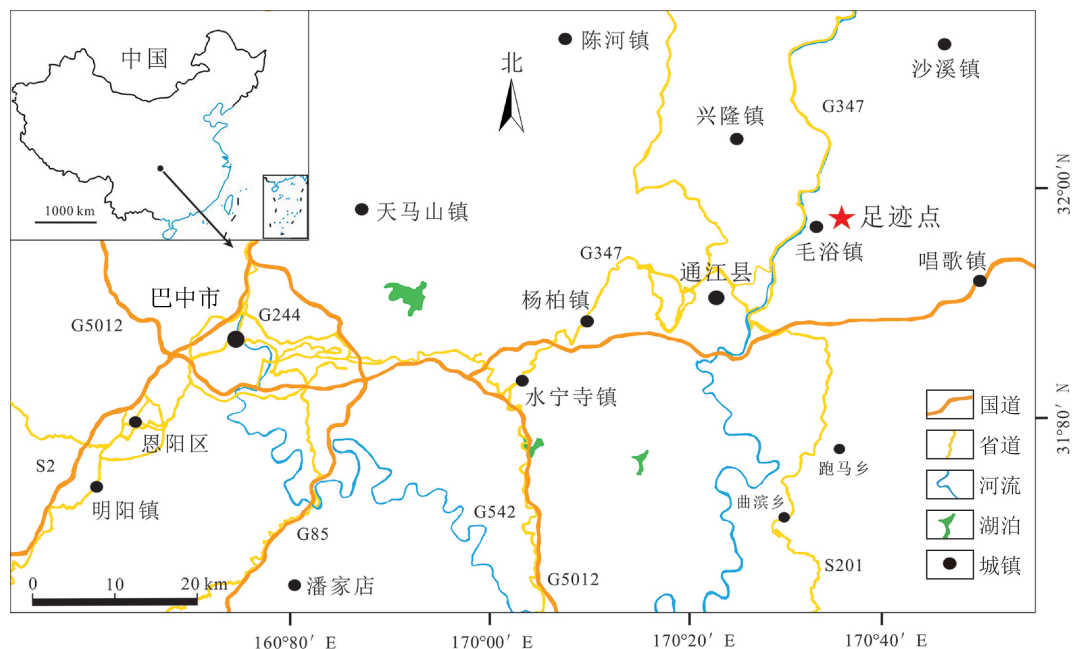


图 1 巴中市通江县毛浴镇恐龙足迹地理位置

Fig. 1 Geographical location of dinosaur tracks in Maoyu Town of Tongjiang County, Bazhong City

发育较小的水流波痕, TJ-T1 的行走方向与层面波痕的波峰相切。行迹 TJ-T1 的 5 个足迹平均长度为 36.7 cm, 长宽比为 1.2。足迹的第Ⅲ趾前出, 所有趾都有尖锐的爪印。中趾前凸值为 0.42。部分足迹有清晰的趾垫, 如 TJ-T1-R2 (图 2-B、D), 第Ⅱ至Ⅳ趾分别有 2、3、4 个趾垫。第Ⅳ趾趾垫发育, 靠近第Ⅲ趾的长轴。2 个外侧趾, 即第Ⅱ至Ⅳ趾之间的趾间角较大, 为 63° 。行迹的步幅角为 166° 。

3 比较与讨论

三趾型、趾垫式 (x-2-3-4-x)、尖锐的爪印和窄行迹 (166° , 处于兽脚类步幅角范围) 都是典型的兽脚类足迹特征^[29-30]。TJ-T1 与经典的早侏罗世足迹组合 *Eubrontes*-*Anchisauripus*-*Grallator*^[30] 中的 *Eubrontes* 在形态学上非常相似, 即具有双足动物所留、足迹宽、大于 25 cm、功能性三趾型、第Ⅲ趾较短、弱到中等程度的中趾前凸 (值为 0.42) 等特征^[4], 因此暂将 TJ-T1 归入足迹属 *Eubrontes*。TJ-T1 亦相似于四川盆地早白垩世发现的其他 *Eubrontes* 足迹, 如古蔺汉溪足迹点 *Eubrontes* HX-T3 和喜德巴久足迹点 *Eubrontes* BJA-T4, 前者的中趾前凸值与长宽

比分别为 0.37 与 1.4^[4, 31], 后者该两值分别为 0.46 与 1.4^[4, 32]。这表明早白垩世四川盆地北部的兽脚类足迹形态与南部的类群有一致性, 更详细的形态学区别还有待进一步对比与讨论。

四川盆地的白垩纪兽脚类恐龙足迹此前仅发现在夹关组 (巴雷姆期—阿尔布期)^[33]。夹关组以砂岩为主, 夹少量泥、页岩, 一般具有厚度不等的底砾岩, 岩性单一, 是盆地内白垩系的重要标志层^[34]。夹关组的恐龙骨骼化石极贫乏, 但保存了高度多样化的足迹化石, 其中的兽脚类足迹包括大型、中型、小型的三趾型足迹, 大多归入 *Grallator* 和 *Eubrontes* 形态类型; 还有重要的两趾型恐爪龙类足迹, 如 cf. *Dromaeopodus*, *Velociraptorichnus*^[4]。此外, 夹关组还发现一些独特的足迹, 包括世界上最小的兽脚类足迹 *Minisauripus*, 以及鸟足迹 *Koreanornis* 和 *Wupus*^[4]。苍溪组 *Eubrontes* 的发现扩展了这类恐龙足迹的分布范围, 亦表明四川盆地北部的白垩纪兽脚类恐龙足迹 *Eubrontes* 形态类型, 与盆地内其他 *Eubrontes* 足迹在形态上一致。

4 结论

下白垩统苍溪组兽脚类足迹化石的发现, 属四川盆地北缘首次记录恐龙足迹, 为当地白垩纪生物地层对比提供了新证据。*Eubrontes* 这种中大型的兽脚类足迹被证实广泛分布在四川盆地的下白垩统。该发现对恢复该地区古生态、古地理、古环境等方面具有重要意义。

致谢: 自贡恐龙博物馆彭光照、叶勇研究馆员, 中国地质大学 (北京) 硕士生任政参加了野外工作, 并做了详细的讨论; 审稿专家对本文提出了宝贵意见, 在此致以诚挚的谢意。

参考文献

- [1] 辜学达, 刘啸虎. 全国地层多重划分对比研究 (51) 四川省岩石地层 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997.
- [2] 刘兆生, 李丽琴, 王永栋. 四川宣汉晚三叠世孢粉组合及其古植被与古气候意义 [J]. 微体古生物学报, 2015, 32(1): 43-62.
- [3] 彭光照, 叶勇, 高玉辉, 等. 自贡地区侏罗纪恐龙动物群 [M]. 成都: 四川人民出版社, 2005: 236.
- [4] 邢立达, 马丁, 洛克利, 张建平. 中国西南早白垩世恐龙及其他四足类足迹 [M]. 宁波: 宁波出版社, 2016: 1-409.
- [5] 杨兴隆, 杨代环. 四川盆地恐龙足印化石 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1987: 1-30.
- [6] 鄯圣武, 巴金, 邢立达, 等. 四川美姑发现侏罗纪恐龙足迹化石 [J].

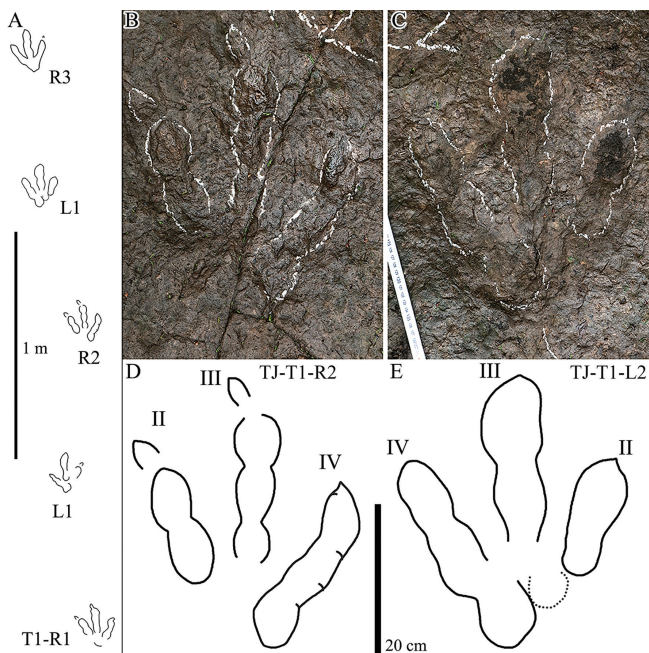


图2 巴中通江县苍溪组中的恐龙行迹 (A)、足迹特写 (B、C) 与对应的轮廓图 (D、E)

Fig. 2 Dinosaur trackways from the Cangxi Formation in Tongjiang County of Bazhong City

- 地质通报, 2017, 36(6): 925-927.
- [7] Xing L D, Lockley M G. Early Cretaceous dinosaur and other tetrapod tracks of southwestern China[J]. Science Bulletin, 2016, 61(13): 1044-1051.
- [8] 叶勇, 彭光照, 江山, 等. 四川恐龙足迹化石分布特征及评价[C]// 第十六届中国古脊椎动物学学术年会论文集. 北京: 海洋出版社, 2018: 21-26.
- [9] Lockley M G, Li J J, Li R H, et al. A review of the tetrapod track record in China, with special reference to type ichnospecies: implications for ichnotaxonomy and paleobiology[J]. Acta Geologica Sinica, 2013, 87(1): 1-20.
- [10] Xing L D, Lockley M G, Klein H, et al. The non-avian theropod track *Jialingpus* from the Cretaceous of the Ordos Basin, China, with a revision of the type material: Implications for ichnotaxonomy and trackmaker morphology[J]. Palaeoworld, 2014, 23(2): 187-199.
- [11] 叶勇, 彭光照, 江山. 四川盆地恐龙足迹化石研究综述[J]. 地质学刊, 2012, 36(2): 129-133.
- [12] Xing L D, Lockley M G, Wang Y D, et al. New Middle Jurassic dinosaur track record from northeastern Sichuan Province, China[J]. Swiss Journal of Palaeontology, 2017, 136: 359-364.
- [13] Young C C. Note on some fossil footprints in China[J]. Bulletin of the Geological Society of China, 1943, 13(3/4): 151-154.
- [14] Lockley M G, Li R, Matsukawa M, et al. Tracking implications for naming crocodilian and crocodilian-like tracks and associated ichnofacies[J]. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin, 2010, 51: 99-108.
- [15] 郭正吾, 邓康龄, 韩永辉, 等. 四川盆地形成与演化[M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [16] 董崇光. 四川盆地构造演化与油气聚集[M]. 北京: 地质出版社, 1992.
- [17] 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [18] 程裕淇. 中国区域地质概论[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [19] 刘建华, 朱西养, 王四利, 等. 四川盆地地质构造演化特征与可地浸砂岩型铀矿找矿前景[J]. 铀矿地质, 2005, 21(6): 321-330.
- [20] 赵路子, 张光荣, 陈伟, 等. 深层复杂地质构造带地震勘探关键技术——以四川盆地龙门山断褶带北段为例[J]. 天然气工业, 2018, 38(1): 39-48.
- [21] 段金宝, 代林呈, 李毕松, 等. 四川盆地北部上震旦统灯影组四段储层特征及其控制因素[J]. 天然气工业, 2019, 39(7): 9-20.
- [22] 王孟筠, 陈茂凯, 郭孟明, 等. 四川盆地城墙岩群的时代归属[J]. 地层学杂志, 1982, 16(2): 92-100, 161-162.
- [23] 赵亚曾, 黄汲清. 秦岭山及四川之地质研究(丛书)[M]. 地质专报甲种第九号, 1931: 228.
- [24] 施从广, 何俊德. 四川剑阁城墙岩群汉阳铺组介形类的发现[J]. 古生物学报, 1963, 10(1): 92-107.
- [25] 沈炎彬, 陈丕基. 四川盆地侏罗、白垩纪叶肢介化石[J]. 成都: 四川人民出版社, 1982.
- [26] 侯学文, 施泽进, 孙泽轩, 等. 川北苍溪地区白垩系红层沉积孢粉组合及其地质意义[J]. 地质论评, 2020, 66(3): 727-738.
- [27] 席党鹏, 万晓樵, 李国彪, 等. 中国白垩纪综合地层和时间框架[J]. 中国科学(地球科学), 2019, 49(1): 257-288.
- [28] 四川盆地陆相中生代地层古生物编写组. 四川盆地陆相中生代地层古生物[M]. 成都: 四川人民出版社, 1984.
- [29] Lockley M G, Meyer C A. Dinosaur Tracks and other fossil footprints of Europe[M]. Columbia University Press, 2000.
- [30] Olsen P E, Smith J B, McDonald N C. Type material of the type species of the classic theropod footprint genera *Eubrontes*, *Anchisauripus* and *Grallator* (Early Jurassic, Hartford and Deerfield Basins, Connecticut and Massachusetts, U. S. A.) [J]. Journal of Vertebrate Paleontology, 1998, 18(3): 586-601.
- [31] Xing L D, Lockley M G, Zhang J P, et al. The longest theropod trackway from East Asia, and a diverse sauropod-, theropod-, and ornithomimid-track assemblage from the Lower Cretaceous Jiaguan Formation, southwest China[J]. Cretaceous Research, 2015, 56: 345-362.
- [32] Xing L D, Lockley M G, Yang G, et al. A diversified vertebrate ichnite fauna from the Feitianshan Formation (Lower Cretaceous) of southwestern Sichuan, China[J]. Cretaceous Research, 2016, 57: 79-89.
- [33] 陈海霞. 川西雅安地区白垩纪古环境古气候研究[D]. 成都: 成都理工大学硕士学位论文, 2009.
- [34] 苟宗海, 赵兵. 四川大邑—崇州地区的白垩、第三系[J]. 地层学杂志, 2001, 25(1): 28-34.
- ①四川省地质局航空区域地质调查队. 中华人民共和国区域地质调查报告(地质部分): H-48-(5)(仪陇幅)、H-48-(6)(通江幅)、H-48-(11)(南充幅)、H-48-(17)(广安幅)、H-48-(23)(重庆幅)[R]. 成都: 1: 200 万区域地质调查报告验收会议, 1981.