

# 陕西中鸡发现白垩纪恐龙足迹群

唐永忠<sup>1</sup>, 邢立达<sup>2,3,4</sup>, 徐涛<sup>1</sup>, 李兴文<sup>1</sup>, 唐玉<sup>1</sup>, 李益朝<sup>1</sup>, 刘涛<sup>2</sup>

TANG Yongzhong<sup>1</sup>, XING Lida<sup>2,3,4</sup>, XU Tao<sup>1</sup>, LI Xingwen<sup>1</sup>, TANG Yu<sup>1</sup>, LI Yizhao<sup>1</sup>, LIU Tao<sup>2</sup>

1. 陕西省地质调查院, 陕西 西安 710054;

2. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083;

3. 中国地质大学(北京)生物地质与环境地质国家重点实验室, 北京 100083;

4. 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, 江苏 南京 210008

1. Shaanxi Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2. State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

3. School of the Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

4. State Key Laboratory of Palaeobiology and Stratigraphy, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, Jiangsu, China

**摘要:**在鄂尔多斯盆地东北缘神木市中鸡一带下白垩统洛河组上部紫红色薄层砂岩层面中,发现丰富的恐龙与其他四足类的足迹化石。这些足迹可分为3类,分别为三趾型兽脚类足迹(实雷龙类足迹),两趾型兽脚类足迹(恐爪龙类足迹)和小型四足类足迹(哺乳形类/兽孔类足迹)。此种组合在中国尚属首次发现,对古气候、古环境、古地理和地层对比都具有重要的意义。

**关键词:**白垩纪;恐龙足迹;四足类足迹;鄂尔多斯盆地;陕西

**中图分类号:**P534.53;Q915.2<sup>+2</sup> **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2018)07-1193-04

**Tang Y Z, Xing L D, Xu T, Li X W, Tang Y, Li Y Z, Liu T. Discovery of dinosaur track fauna in Cretaceous from Zhongji, Shaanxi Province. *Geological Bulletin of China*, 2018, 37(7):1193-1196**

**Abstract:** In September 2017, the authors found abundant dinosaur and other tetrapod tracks on thin-layer purple red sandstone of Lower Cretaceous Luohe Formation at the northeast border of Ordos Basin in Zhongji Town, Shenmu City. They can be divided into tridactyl theropod tracks (*Eubrontidae*), didactyl theropod tracks (deinonychosaurian tracks), and small tetrapod tracks (Mammalia-morpha/Therapsida tracks). Such assemblage has never been found in China before and is of great significance to researches on paleoclimate, palaeoenvironment, paleogeography and stratigraphic correlation. Their detailed classification will be further studied.

**Key words:** Cretaceous; dinosaur tracks; tetrapod tracks; Ordos Basin; Shaanxi

鄂尔多斯盆地位于中国中西部地区,为中国第二大沉积盆地,跨陕、甘、宁、蒙、晋五省区,盆地面积达到 $25 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。鄂尔多斯盆地的中上三叠统一下白垩统发育,发现有多门类的动植物化石<sup>[1]</sup>,盆地沉积了巨厚的白垩系。含恐龙等脊椎动物足迹的地层属于下白垩统志丹群,自下而上包含宜君组、洛河

组、华池组、环河组、罗汉洞组、泾川组,以及仅分布于东北部的喇嘛湾组<sup>[2]</sup>。在鄂尔多斯盆地西北部,恐龙足迹主要产于罗汉洞组和泾川组<sup>[3]</sup>。在鄂尔多斯盆地南部边缘旬邑县洛河组也发现过恐龙足迹<sup>[1]</sup>。

2017年9—11月,陕西省地质调查中心承担的“陕北丹霞地貌地质遗迹调查项目”及神木市公格

收稿日期:2018-01-30;修订日期:2018-06-20

资助项目:陕西省地质调查院公益性项目《陕北丹霞地貌地质遗迹调查》(编号:公益[2017]02-07)、神木市公格沟丹霞地质公园申报项目、教育部基本科研费优秀教师基金项目《山东临沭断裂带早白垩世恐龙足迹群的形态学与演化》(编号:2652017215)和国家自然科学基金项目《中国兰州-民和盆地恐龙及其四足类足迹的形态学与演化》(批准号:41772008)

作者简介:唐永忠(1965-),男,本科,正高级地质工程师,从事沉积盆地与矿产地质勘查研究工作。E-mail:625879916@qq.com

通讯作者:邢立达(1982-),男,博士,副教授,从事中生代脊椎动物化石及其遗迹化石研究。E-mail:xinglida@cugb.edu.cn

沟丹霞地质公园申报项目,在鄂尔多斯盆地东北缘神木市中鸡一带的下白垩统洛河组(K<sub>1</sub>l)上部紫红色砂岩中发现恐龙与其他四足类足迹多处,该组合的发现在中国尚属首次。

### 1 地质背景

洛河组由“洛河砂岩”演变而来,区域上平行不整合在中侏罗统安定组之上<sup>[4]</sup>。研究区,即鄂尔多斯东北部一带,洛河组厚度63.79m,以紫红色-暗紫红色厚-块状粉砂质泥岩、泥质粉砂岩与薄层中-粗粒长石石英砂岩、石英砂岩为主,构成典型的丹霞地貌景观。

鄂尔多斯盆地在中侏罗统安定组沉积末期,受晚侏罗世燕山运动末期的隆升影响,盆地抬升掀斜遭受剥蚀<sup>[5]</sup>。到早白垩世初期,鄂尔多斯盆地伸展,洛河组开始沉积。前人研究与1:5万区域地质调查资料<sup>①</sup>指出,洛河组的沉积环境属河流、湖泊相<sup>[6]</sup>,而近年来不少学者则认为其属于沙漠相<sup>[7-8]</sup>,在洛河期,鄂尔多斯盆地进入白垩纪第一个沙漠沉积发育的鼎盛期<sup>[9]</sup>。综合区调等资料,洛河组早期沉积时盆地具准平原性质,河流宽阔,河漫滩较发育,沉积了紫红色、棕红色、砖红色厚层砂岩,并夹有灰白色高岭石质细砂岩,砂岩体中发育以大-巨型槽状交错层、交错层理为特征的中粒长石砂岩夹少量粉砂岩沉积组合,属河流及冲积扇沉积;中期沉积形成紫红色、棕红色、砖红色厚层中粗粒砂岩,砂岩体中发育以大-巨型风成板状交错层、风成斜层理为特征的中粗粒长石砂岩,明显具有沙漠相沙丘、丘间亚相;晚期沉积则形成一套紫红色块状泥岩、粉砂质泥岩夹薄层泥质粉砂岩组合,发育水平层理、低角度斜层理、泥裂、雨痕等,指示了浅水沙漠湖泊相沉积沙丘砂岩发育的低角度斜层理方向,可能反映了以西北风为主,局部有东南暖风作用。

现将研究区含恐龙等脊椎动物足迹地层岩性描述如下。

上覆地层:第四纪全新世风成沙、黄土层

~~~~~ 不整合接触 ~~~~~

- 早白垩世洛河组(K<sub>1</sub>l) >18.74m
- 6.紫红色薄层状细粒长石石英砂岩 0.51m
- 5.紫红色薄层中-粗粒长石石英砂岩,发育板状斜层理,有三趾型恐龙足迹 4.74m
- 4.紫红色薄层细粒石英砂岩,发育平行层理 5.20m
- 3.紫红色中厚层中粒长石石英砂岩,具平行层理 5.80m

- 2.紫红色薄层细粒长石石英砂岩,发育水平层理 1.53m
- 1.紫红色薄层中粒石英砂岩,有二趾型恐龙足迹与小型四足类足迹,未见底 0.96m

~~~~~ 不整合接触 ~~~~~

下伏地层:中侏罗统安定组(J<sub>2</sub>a)深灰色微-薄层粉砂质泥岩

### 2 足迹点与足迹形态

#### 2.1 足迹点概貌

神木市中鸡镇脊椎动物足迹化石分布在宝刀石梨村公格沟水库东岸边,在30km<sup>2</sup>红色丹霞景观范围内,目前已发现3处恐龙足迹点及2处小型四足类足迹点(图1)。

1号足迹点目前发现两枚足迹,产于洛河组上部紫红色块状泥岩、粉砂质泥岩与微-薄层泥质粉砂岩中的湖泊相近底部薄层泥质粉砂岩层面上,层面发育泥裂。2~5号足迹点分布在洛河组上部滨岸相紫红色薄层中细粒石英砂岩中岩层面上。其中2号足迹点发现21枚三趾型足迹,层面发育雹痕、雨痕。3、5号足迹点为小型四足类所留。4号足迹点,目前发现16枚二趾型脚印,层面发育浅水流水波浪痕、雹痕、雨痕、虫迹。

#### 2.2 小型四足类足迹

小型四足类足迹约200个,至少组成5道行迹。其中保存最好的行迹长约1.5m(图版I-A),由前足迹与后足迹组成,都呈扁椭圆形。前足迹平

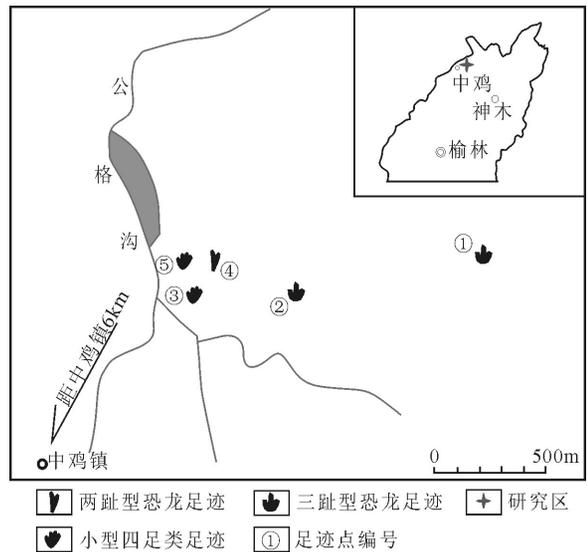


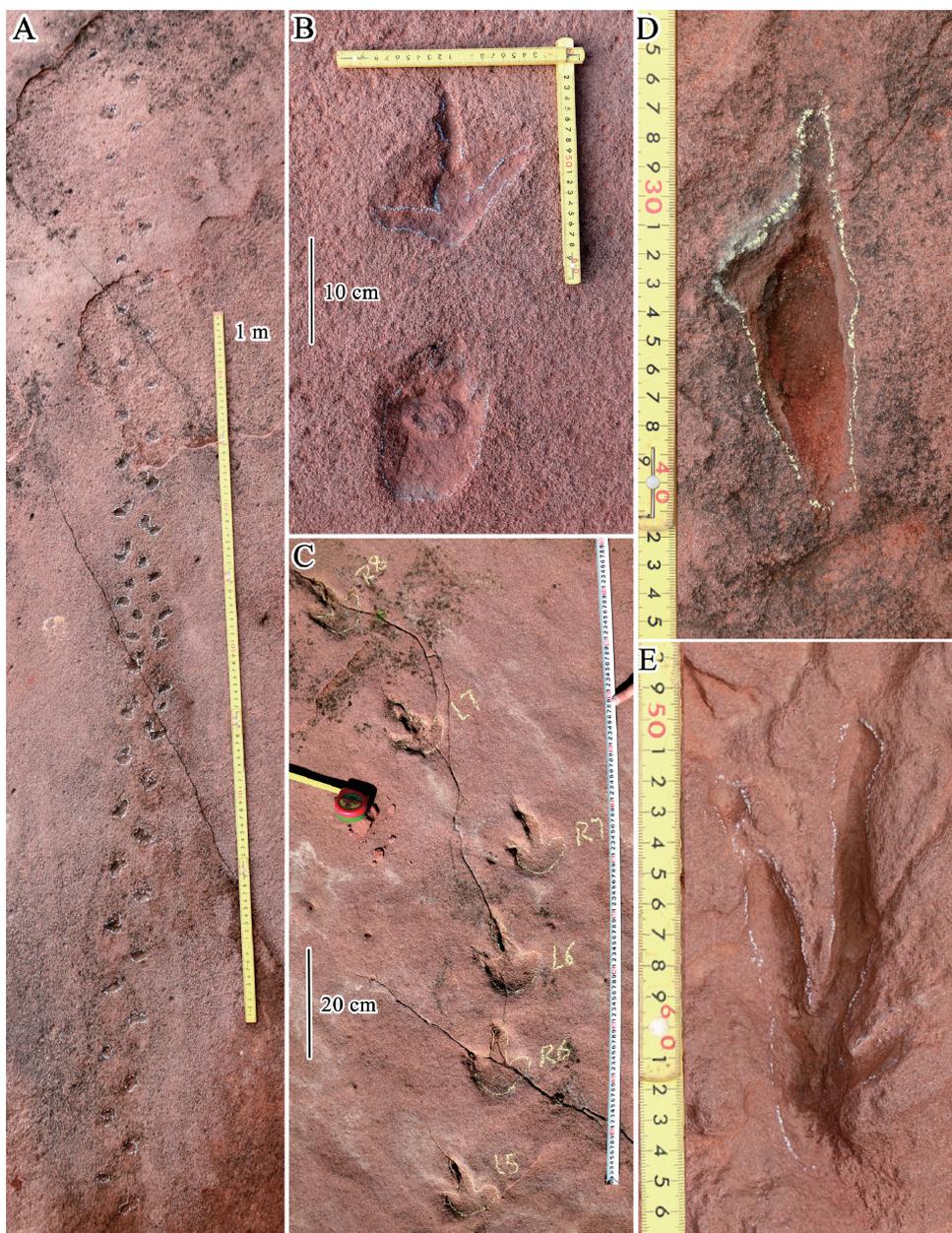
图1 神木市中鸡镇恐龙等脊椎动物足迹化石分布  
Fig. 1 Distribution map of footprint fossil from dinosaurs and other vertebrate in Zhongji town, Shenmu city

均长 1.0cm, 宽 1.3cm; 后足迹平均长 1.1cm, 宽 1.6cm, 前足迹位于后足迹的前内侧。因保存或后期风化的原因, 绝大部分足迹的趾痕不清, 保存最好的后足迹能观察到至少 4 个趾痕。这些小型四足类足迹的形态与尺寸都与巴西足迹(*Brasilichnium*)<sup>[9]</sup> 非常相似。巴西足迹最初发现于巴西上侏罗统一下白垩统博图卡图组, 传统上被归于哺乳形类(Mammaliamorpha) 或衍生的兽孔类(Therapsida)。此类足迹为中国首次发现。

### 2.3 三趾型兽脚类足迹

三趾型兽脚类分布于 1 号和 2 号足迹点。1 号足迹点仅 1 个足迹保存较好(图版 I-B), 长 14.5cm, 宽 15.8cm, 长宽比为 0.9, 三趾较纤细, 第 II 趾至第 IV 趾之间的趾间角约为 110°。2 号足迹点的 21 枚三趾型足迹形成一道拐弯的行迹(图版 I-C)。拐弯的行迹相对罕见。其中保存最好的足迹长 12.5cm, 宽 10.0cm, 长宽比为 1.3, 第 II 趾至第 IV 趾之间的趾间角为 69°, 其趾垫不清, 跖趾垫较发育。

图版 I Plate I



A.小型四足类足迹;B、C.三趾型兽脚类足迹;D、E.两趾型兽脚类足迹

从整体形态看,2号足迹点的三趾型足迹与实雷龙足迹类(*Eubrontidae*)<sup>[10]</sup>较相似。实雷龙足迹类最初发现于北美的下侏罗统,但衍生的足迹形态广泛出现在中国的侏罗系—白垩系<sup>[11-12]</sup>,鄂尔多斯盆地的白垩系也有类似发现<sup>[13]</sup>。1号足迹点的孤立足迹的形态特征与实雷龙足迹类完全不同,但其较尖锐的爪痕与宽的趾间角表明其属于兽脚类足迹。

#### 2.4 两趾型兽脚类足迹

2号足迹点的一道行迹揭示了有趣的受沉积物影响的保存现象。大多数足迹只留下明显的一个趾痕(图版 I-D),但在—处沉积物条件适宜区,该造迹者留下了一个保存良好的两趾型足迹(图版 I-E)。该足迹长14.5cm,宽5.0cm,长宽比为2.9,第Ⅲ趾至第Ⅳ趾之间的趾间角为20°。这是二趾型足迹在陕西省的首次记录,与该区相邻的内蒙古鄂托克旗查布地区也曾有报道<sup>[3]</sup>。

由于与鸟类系统发育学上的紧密联系,近年来,恐爪龙类(*deinonychosaurian*)演化支得到学者们的充分研究。恐爪龙类包括驰龙类(*dromaeosaurids*)和伤齿龙类(*troodontids*),该类群最具代表性的特征是其第Ⅱ趾上有一个高度发育的大爪,这个大爪可以伸出并高度延展<sup>[14]</sup>。恐爪龙类运动时,该特化的第Ⅱ趾处于扬起状态,因此留下足迹为两趾,仅由第Ⅲ趾和第Ⅳ趾的印迹组成<sup>[11]</sup>。因此,两趾型足迹对应恐爪龙类造迹者,是迄今为止特征最鲜明的兽脚类足迹之一。自1994年在中国首次发现以来<sup>[15]</sup>,现在至少发现了十余个足迹点<sup>[11]</sup>,均来自白垩系,分布于四川盆地与攀西地区的多个点,以及山东莒南与岌山、河北赤城、北京延庆、甘肃盐锅峡等。中鸡恐爪龙类足迹的尺寸与甘肃盐锅峡标本类似,该记录增加了该类造迹者的古地理分布范围。

### 3 结论

在鄂尔多斯盆地东北缘神木市中鸡白垩系丹霞地貌中发现的恐龙与其他四足类的足迹化石,展示了一个非常独特的组合类型:哺乳形类/兽孔类足迹—实雷龙足迹类—恐爪龙类足迹。这种多样性的兽脚类行迹与小型四足类足迹的组合,在中国属首次发现。虽然其详细分类还有待进一步研究,但这无疑对中国白垩纪沙漠相恐龙动物群的类型与分布,乃至该地区的古气候、古地理和地层对比都具有重要的意义。

**致谢:**野外工作中,陕西省地质调查中心主任罗乾周教授级高工、副主任边小卫教授级高工和西北大学李永项教授给予了具体指导;中国地质大学(北京)地球科学与资源学院学生李辰协助野外考察,中国地质大学(北京)王根厚教授对成文思路提出了宝贵的意见;四川自贡恐龙博物馆叶勇研究馆员和广西师范大学重点实验室冉浩研究员对文章提出修改意见,在此一并表示衷心的感谢。

#### 参考文献

- [1]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: 187-199.
  - [2]刘池洋, 赵红格, 桂小军, 等. 鄂尔多斯盆地演化—改造的时空坐标及其成藏(矿)响应[J]. *地质学报*, 2006, 80(5): 617-638.
  - [3]王宝鹏, 李建军, 白志强, 等. 内蒙古鄂托克旗查布地区恐爪龙类足迹的发现及其意义[J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 2017, 53(1): 81-90.
  - [4]马润华等主编. 全国地层多重划分对比研究(61), 陕西省岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1998:1-291.
  - [5]陈瑞银, 罗晓容, 陈占坤, 等. 鄂尔多斯盆地埋藏演化史恢复[J]. *石油学报*, 2006, 3(2): 43-47.
  - [6]杨友运, 常文静, 侯光才, 等. 鄂尔多斯白垩系自流水盆地水文地质特征与岩相古地理[J]. *沉积学报*, 2006, 34(4): 387-393.
  - [7]齐骅, 李国栋. 鄂尔多斯盆地志丹群沉积时期的古沙漠盆地体系[J]. *西北地质科学*, 1996, 17(1): 63-90.
  - [8]陶渊, 王剑, 江新胜, 等. 鄂尔多斯盆地白垩系沙漠相沉积特征及其水文地质意义[J]. *沉积学报*, 2005, 23(1): 73-83.
  - [9]Leonardi G. Novo icnogenere de tetrápode Mesózoico da Formação Botucatu, Araraquara, SP[J]. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 1981, 53: 793-805.
  - [10]Lull R S. Fossil footprints of the Jura-Trias of North America[J]. *Memoirs of the Boston Society of Natural History*, 1904, 5: 461-557.
  - [11]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: 1-410.
  - [12]曹俊, 邢立达, 杨更, 等. 基于恐爪足迹重建攀西地区白垩纪恐龙动物群[J]. *地质通报*, 2016, 35(12): 1961-1966.
  - [13]李建军, 巴特尔, 张维虹, 等. 内蒙古查布地区下白垩统巨齿龙足迹化石[J]. *古生物学报*, 2006, 45(2): 221-234.
  - [14]Turner A H, Makovicky P J, Norell M A. A review of dromaeosaurid systematics and paravian phylogeny[J]. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 2012, 371:1-206.
  - [15]Zhen S N, Li J J, Chen W, et al. Dinosaur and bird footprints from the Lower Cretaceous of Emei County, Sichuan[J]. *Memoirs of the Beijing Natural History*, 1994, 54:105-120.
- ①王洪亮, 李维均等. 陕西省神木大柳塔—孙家盆地区1:5万区调报告. 陕西省地质调查院, 1999.