

doi: 10.12097/gbc.2021.05.030

陕西甘泉发现中侏罗世恐龙足迹群

李兴文¹, 李益朝¹, 王卓胜^{1,2}, 孙淼³, 王宝鹏⁴, 王秦伟¹, 唐玉¹, 祝捷¹, 吴昊¹,
季燕南³

LI Xingwen¹, LI Yizhao¹, WANG Zhuosheng^{1,2}, SUN Miao³, WANG Baopeng⁴, WANG Qinwei¹,
TANG Yu¹, ZHU Jie¹, WU Hao¹, JI Yannan³

1. 陕西省地质调查院, 陕西 西安 710068;

2. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083;

3. 中国地质环境监测院, 北京 100081;

4. 国家自然博物馆, 北京 100050

1. Shaanxi Institute of Geological Survey, Xi'an 710068, Shaanxi, China;

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

3. China Institute for Geo-Environmental Monitoring, Beijing 100081, China;

4. National Natural History Museum of China, Beijing 100050, China

摘要: 恐龙足迹化石是重建鄂尔多斯盆地侏罗纪恐龙动物群的重要途径。在野外地质调查和室内研究的基础上,对陕西甘泉中侏罗世直罗组发现的恐龙足迹群进行了简要记述。初步研究结果表明,甘泉恐龙足迹群具有较强的多样性,足迹类型包括了兽脚类、蜥脚类、可能的鸟脚类及龟鳖类足迹;兽脚类足迹呈现高度多样化,包括大型、中型和小型的三趾型足迹和大型的四趾型足迹;蜥脚类足迹可归入雷龙足迹;可能的鸟脚类足迹保存较差,难以归入到具体属种;可能的龟鳖类足迹为鄂尔多斯盆地侏罗系的首次记录。甘泉恐龙足迹群的发现,扩大了中国恐龙足迹的地理分布,对于重建鄂尔多斯盆地侏罗纪恐龙动物群及古生态、古地理、古环境等具有重要意义。

关键词: 恐龙足迹;直罗组;中侏罗世;甘泉;陕西;地质调查工程

中图分类号: P534.52; Q915.2⁺2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2024)02/03-0443-08

Li X W, Li Y Z, Wang Z S, Sun M, Wang B P, Wang Q W, Tang Y, Zhu J, Wu H, Ji Y N. Discovery of dinosaur ichnoassemblage from the Middle Jurassic at Ganquan County, Shaanxi Province. *Geological Bulletin of China*, 2024, 43(2/3): 443-450

Abstract: Dinosaur tracks have become the crucial way to reconstruct the Jurassic dinosaurian fauna in the Ordos Basin, since few dinosaur fossil skeletons have been ever reported from the Jurassic in the basin. On the basis of field geological survey and indoor research, the newly discovered dinosaur ichnoassemblage from the Middle Jurassic Zhiluo Formation at Ganquan County of Shaanxi Province is briefly described herein. Preliminary research indicates that Ganquan dinosaur ichnoassemblage reveals a relatively diverse ichnofauna consisting of theropod, sauropod, possible ornithopod and turtle. Theropod footprints are highly diverse, and include large, medium and small tridactyl footprints and large tetradactyl footprints. Sauropod footprints can be attributed to *Brontopodus* isp.. A single possible ornithopod footprint is poorly preserved and cannot be classified. Possible turtle footprints represent the first record from the Jurassic in the Ordos Basin. The discovery of Ganquan dinosaur ichnoassemblage expands the geographic distribution of

收稿日期: 2021-05-30; 修订日期: 2021-12-16

资助项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目《陕西甘泉中侏罗统直罗组恐龙足迹化石组合及其沉积环境研究》(批准号: 42202028)和中国地质调查局项目《全国地质遗迹立典调查与评价》(编号: DD20190074)

作者简介: 李兴文(1987-), 男, 博士, 高级工程师, 从事地质遗迹调查评价及古生物学研究工作。E-mail: didalixingwen@163.com

dinosaur tracks in China, and has great significance for the reconstruction of the Jurassic dinosaurian fauna, palaeogeography, palaeoecology, and palaeoenvironment in the Ordos Basin. Further research on Ganquan dinosaur ichnoassemblage will be carried out.

Key words: dinosaur footprint; Zhiluo Formation; Middle Jurassic; Ganquan; Shaanxi Province; geological survey engineering

鄂尔多斯盆地横跨陕西、甘肃、宁夏、内蒙古、山西五省(区),面积约 $25 \times 10^4 \text{ km}^2$,是中国内陆第二大沉积盆地(刘池洋等,2006)。鄂尔多斯盆地下白垩统罗汉洞组和涇川组产有丰富的脊椎动物骨骼化石和足迹化石,是中国早白垩世恐龙动物群的重要组成部分(李建军等,2011;姬书安等,2017)。相比之下,鄂尔多斯盆地侏罗系缺少恐龙骨骼化石记录,因此,恐龙足迹成为重建本地区侏罗纪恐龙动物群的重要途径,对于揭示本地区侏罗纪—白垩纪恐龙动物群的演化规律有着不可替代的重要作用。自1929年在鄂尔多斯盆地东北部的陕西神木发现中国第一枚恐龙足迹以来,已在本地区发现了丰富的足迹化石,时代为早侏罗世—早白垩世(李兴文等,2021;李欣伟等,2022)。其中,鄂尔多斯盆地已报道的侏罗纪恐龙足迹均发现于陕西北部,这些发现填补了鄂尔多斯盆地侏罗纪恐龙骨骼化石记录匮乏的遗憾,为重建本地区侏罗纪恐龙动物群及古生态、古地理、古环境等提供了重要证据(李兴文等,2021)。

2020年7月,笔者等在进行中国地质环境监测院地质调查委托业务项目的野外工作过程中,在陕西省延安市甘泉县中侏罗统直罗组(J_2z)中发现了恐龙足迹群,为本地区恐龙遗迹的首次记录。初步研究表明,甘泉恐龙足迹群具有较强的多样性,包括兽脚类、蜥脚类、可能的鸟脚类及龟鳖类足迹,在足迹类型、形态学特征、地层分布等方面明显不同于鄂尔多斯盆地以往发现的侏罗纪足迹化石组合。多样性如此丰富的足迹组合在陕西省尚属首次发现,在国内也较为罕见,极大地丰富了本地区侏罗纪恐龙动物群的组成,为重建鄂尔多斯盆地侏罗纪恐龙动物群及古生态、古地理、古环境等提供了条件和重要新材料。

1 地质背景

甘泉县地处陕北黄土高原腹地,地质构造上位于鄂尔多斯盆地中部。鄂尔多斯盆地位于中国东、西部构造结合部位,盆地的形成始于中、晚三叠世,是发育在华北克拉通之上的多旋回叠合型盆地(计波等,2022)。晚三叠世—早白垩世,鄂尔多斯盆地接受了大量河湖相及山前堆积。早白垩世晚期以

来,鄂尔多斯盆地整体受构造抬升影响,风化剥蚀,缺失沉积,结束了大型盆地的发育历史(陈印等,2017)。

鄂尔多斯盆地侏罗系由下至上分为下侏罗统富县组、中侏罗统延安组、直罗组和安定组及上侏罗统芬芳河组(郭艳琴等,2019)。其中,直罗组由“直罗统”一名演变而来,命名剖面位于延安市富县直罗镇,岩性为一套以块状长石砂岩与杂色泥岩、粉砂岩为主的粗碎屑岩组合,以富含砂岩为特征,下部以一层块状中、粗粒长石砂岩的出现与延安组(J_2y)分界,为平行不整合接触;上部以一层灰绿色泥岩夹砂质长石砂岩结束,与安定组(J_2a)分界,为整合接触(陕西省地质调查院,2017)。直罗组含少量双壳类、植物及孢粉化石,时代为中侏罗世晚期(Chen et al.,2006)。甘泉县境内出露的侏罗系主要沿切割较深的河流、沟谷两侧呈条带状出露,与上覆白垩系或新生界为不整合接触。

2 足迹化石点概况

甘泉恐龙足迹化石点目前共发现2处,均位于甘泉县下寺湾镇(图1)。此外还有4处疑似地点有待进一步调查。本文仅对已确定的2处足迹化石点(编号分别为:GDT-I、GDT-II)进行初步报道。GDT-I足迹化石点目前发现有2枚大型兽脚类足迹及大量的蜥脚类足迹,除1枚兽脚类足迹外,其余足迹化石均赋存于原始地层。GDT-II足迹化石点发现有数量丰富的兽脚类、可能的鸟脚类及龟鳖类足迹。足迹化石均以上凸足迹(positive imprint)的形式保存。根据野外调查、岩性组合及区域地层对比,确定甘泉足迹化石的赋存层位为中侏罗统直罗组,地层产状近水平,与足迹化石同一层面保存有波痕、泥裂等沉积构造及虫迹等,为恢复造迹恐龙生活时期的古气候、古环境提供了证据。

现将GDT-I足迹化石点地层剖面的岩性特征描述如下(柱状图见图2)。

- | | |
|-------------------------------|-------|
| 14. 黄绿色薄层状细粒砂岩 | 0.2 m |
| 13. 黄绿色、灰绿色泥岩 | 0.4 m |
| 12. 土黄色长石石英砂岩, 偶夹极薄条带状泥质层 | 0.1 m |
| 11. 灰绿色泥岩, 夹两层厚约2 cm的透镜状土黄色砂岩 | 0.4 m |

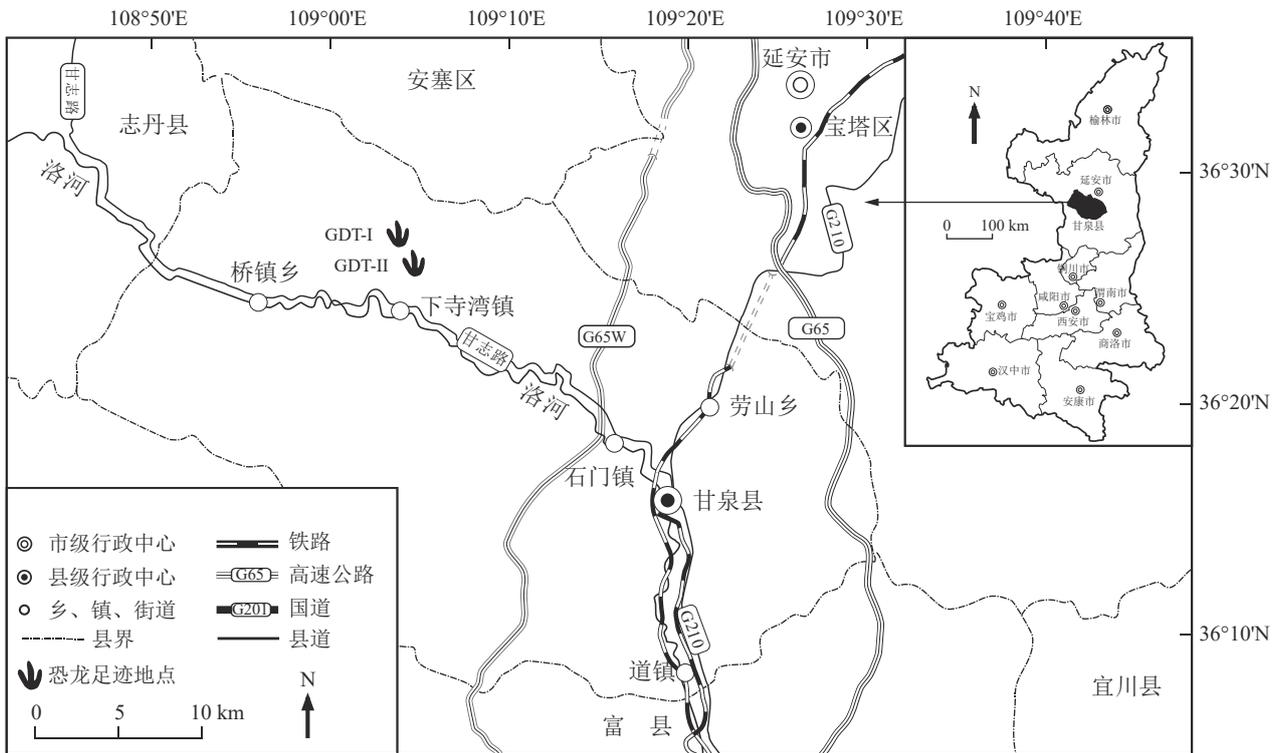


图 1 陕西甘泉恐龙足迹化石点交通位置图

Fig. 1 Geographic location of dinosaur tracksites in Ganquan County, Shaanxi Province

- | | |
|--|--------|
| 10. 土黄色中粗粒砂岩, 该层为正粒序 | 0.2 m |
| 9. 灰白色泥岩, 发育泥裂, 层理清晰, 泥岩中发育条带状灰褐色细砂岩 | 0.1 m |
| 8. 紫红色泥岩, 夹薄层灰色、灰绿色泥岩层 | 0.2 m |
| 7. 灰绿色泥岩, 泥岩中含灰绿色细砂岩砾石, 砾径为 8~20 cm, 磨圆度较好, 砾石含量约 5% | 0.50 m |
| 6. 灰白色长石石英砂岩, 局部发育极薄层泥质条带 | 0.10 m |
| 5. 灰绿色泥岩, 偶见灰绿色细砂岩砾石, 砾径可达 20 cm | 0.60 m |
| 4. 灰白色砂岩, 砂岩中发育有小型斜层理, 该层砂岩底部见有兽脚类及蜥脚类足迹(上凸足迹) | 0.50 m |
| 3. 灰绿色泥岩夹紫红色泥岩 | 0.10 m |
| 2. 灰绿色泥岩 | 0.20 m |
| 1. 紫红色泥岩, 泥岩层理清晰, 泥质结构, 碎块状, 裂隙发育, 岩石强度较高 | 1.50 m |

3 足迹化石特征

3.1 兽脚类足迹

GDT-I 足迹化石点目前发现有 2 枚孤立的大型兽脚类足迹, 分别为四趾型足迹(编号 GDT-I-TI-1)和三趾型足迹(编号 GDT-I-TI-2)。

GDT-I-TI-1 为四趾型足迹, 有第 I 趾(拇趾)印迹, 为左脚足迹(图版 I-a)。足迹整体形态呈“V”字形(不包括拇趾在内), 趾行式。足长大于足宽, 经过初步测量, 足长为 59.6 cm, 足宽为 40.7 cm, 长宽比为 1.46。第 III 趾最长, 其次为第 II 趾、IV 趾, 第 I 趾最短, 明显小于其他各趾; 第 II 趾、III 趾和 IV 趾的趾宽差别不大; 拇趾指向侧前方。第 I 趾与第 II 趾之间的趾间角约为 63°, 第 II 趾与第 IV 趾之间的趾间角约为 37°。该足迹的大小和形态特征类似于极大龙足迹属(*Gigandipus*), 该类足迹在中国目前仅在四川资中和贵州习水有报道(杨兴隆等, 1987; Xing et al., 2018)。中国已报道的足长超过 50 cm 的兽脚类足迹均发现于白垩系(李日辉等, 2019a; Xing et al., 2019; 李阳等, 2020), 而在侏罗系未有长度超过 50 cm 的兽脚类足迹。GDT-I-TI-1 是甘泉恐龙足迹群中最大的 1 枚兽脚类足迹, 也应是在中国侏罗系发现的最大兽脚类足迹。

GDT-I-TI-2 为三趾型足迹, 保存于原始地层中砂岩底部与泥岩接触的层面上(图版 I-b)。根据形态特征判断, 这枚足迹应是右脚足迹(图版 I-c)。该足迹为趾行式, 足长大于足宽, 足长为 56.5 cm, 足

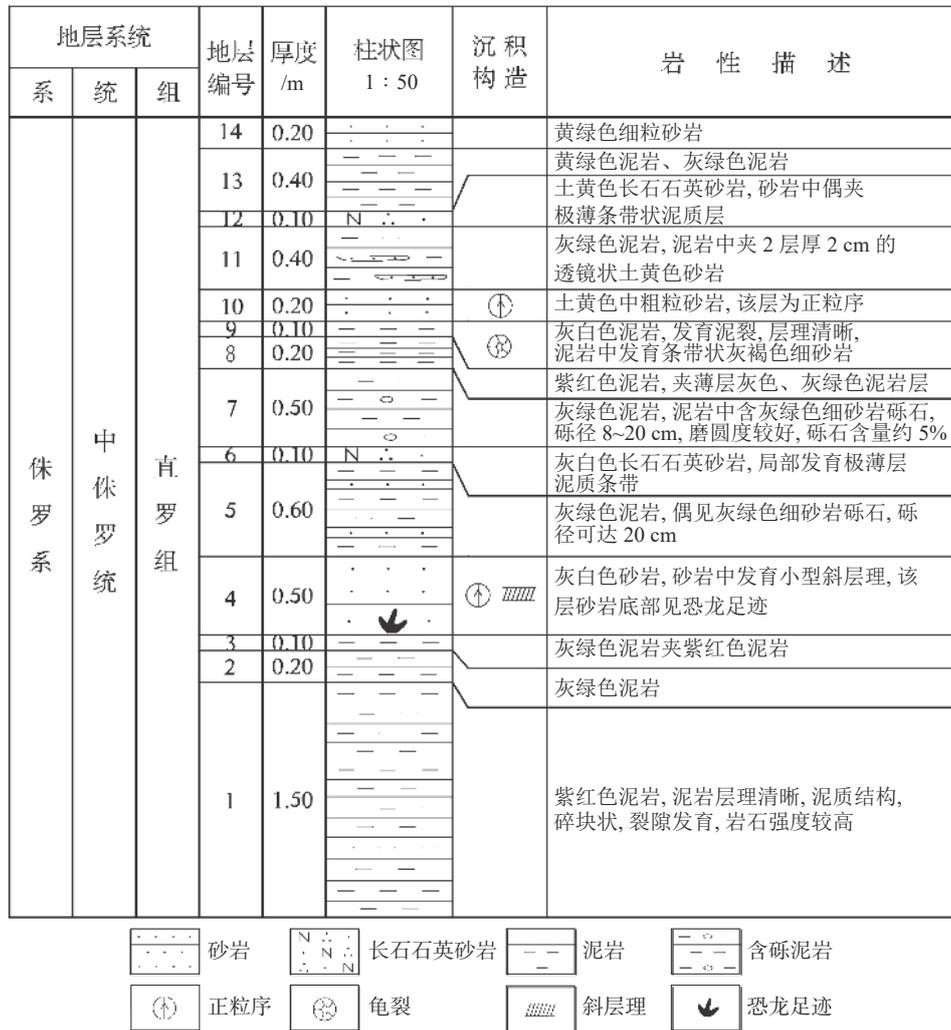


图 2 陕西甘泉 GDT-I 恐龙足迹化石点实测地层柱状图

Fig. 2 Measured stratigraphic section of GDT-I tracksite in Ganquan County, Shaanxi Province

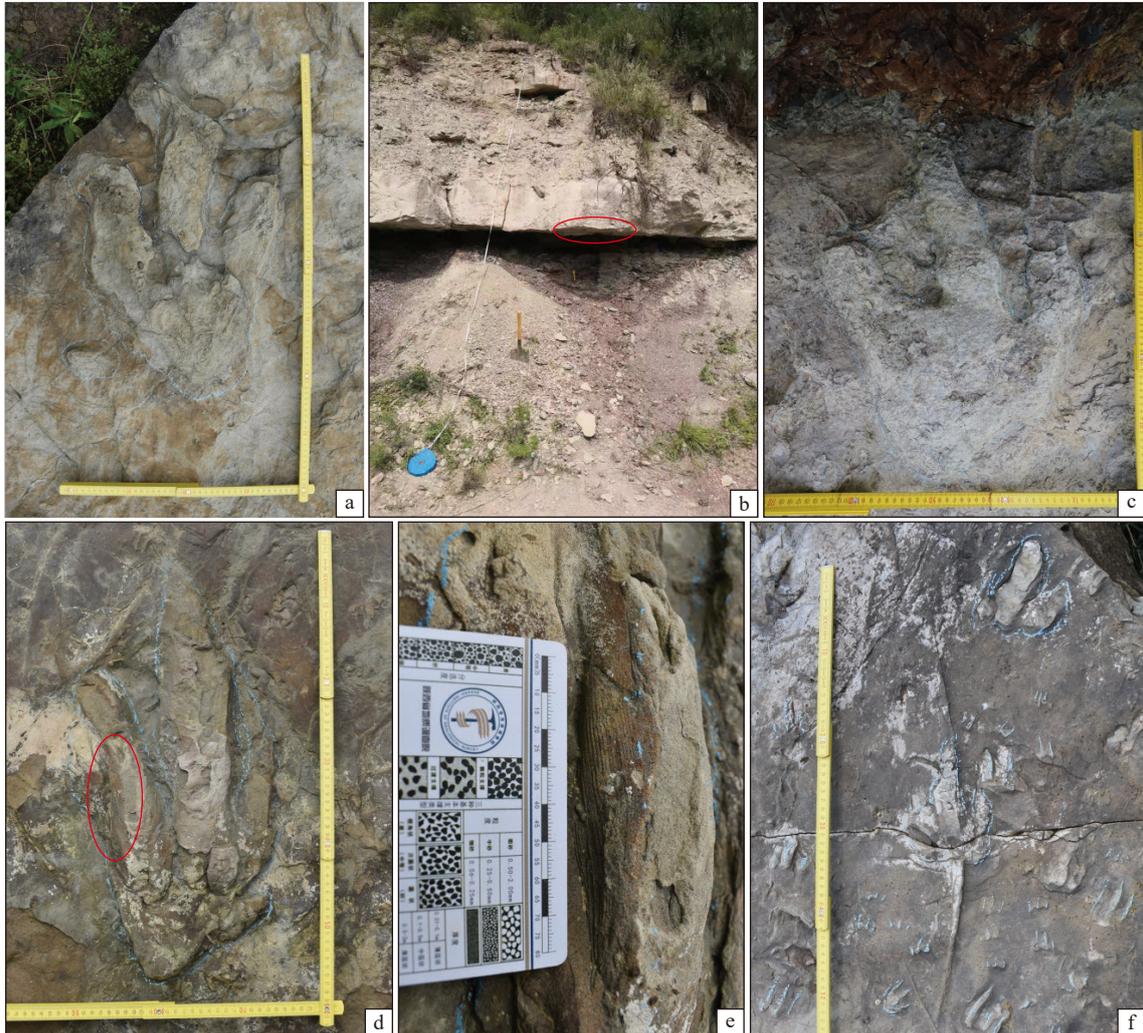
宽为 40.2 cm, 长宽比为 1.39, 第Ⅲ趾最长, 其次为第Ⅱ趾, 第Ⅳ趾最短。第Ⅱ趾与第Ⅳ趾之间的趾间角约为 58°。各趾印迹由近端向远端逐渐变细。趾垫清晰, 跖趾垫较大, 位于第Ⅳ趾之后, 呈楔形。从足迹大小和形态特征看, 该足迹可归入实雷龙足迹科 (*Eubrontidae*), 与玫瑰谷实雷龙足迹 (*Eubrontes glenrosensis*) 最相似。该类足迹的造迹恐龙被认为是生活在侏罗纪的巨齿龙类 (*Megalosaurids*), 在内蒙古鄂托克旗查布地区 (李建军等, 2006)、乌拉特中旗海流图镇 (李建军等, 2010) 和陕西商洛邵涧 (胡松梅等, 2011) 也发现有类似巨齿龙类的足迹。

GDT-II 足迹化石点发现的兽脚类足迹包括了大型、中型和小型 3 类。大型兽脚类足迹分为三趾型和四趾型, 以 1 枚孤立的四趾型足迹为代表, 其长度也是该化石点所有兽脚类足迹中最大的 (图版 I -

d)。该足迹整体形态为窄“V”形, 保留有第Ⅰ趾 (拇指), 足长明显大于足宽, 长约 54.1 cm, 宽约 27.2 cm, 长宽比为 1.99。第Ⅰ趾粗短, 其余各趾相对细长。第Ⅰ趾与第Ⅱ趾之间的趾间角约为 71°, 第Ⅱ趾与第Ⅳ趾之间的趾间角约为 32°。趾垫呈倒三角形。在该足迹第Ⅳ趾中部的的外侧保存有疑似的皮肤鳞片划痕, 平均每厘米有 6~8 条 (图版 I -e)。该枚足迹的形态特征不同于已知的兽脚类足迹, 可能属于一种新的遗迹属, 尚需进一步详细研究。

小型兽脚类足迹以 1 枚三趾型足迹为代表 (图版 I -f)。该枚足迹为右脚足迹, 形态较狭窄, 长 14.2 cm, 宽 10.8 cm, 长宽比为 1.3, 两外侧趾间的夹角约为 56°, 其趾垫不清, 跖趾垫较明显, 第Ⅲ趾向前延伸, 其长度明显超出两侧的第Ⅱ趾和第Ⅳ趾, 趾尖指向内侧。在足迹前、后面各有一条长约 14.6 cm

图版 I Plate I



a. 大型四趾型兽脚类足迹; b. 大型三趾型兽脚类足迹保存层位(红圈处为三趾型兽脚类足迹位置, 见图 c); c. 大型三趾型兽脚类足迹;
d. 大型四趾型兽脚类足迹(红圈处保存有疑似的皮肤鳞片划痕, 近照见图 e); e. 疑似的皮肤鳞片划痕; f. 小型三趾型兽脚类足迹

和 20.2 cm 的脚趾拖痕(toe traces), 反映了造迹恐龙在缓步行走时, 腿抬的不高, 在向前迈腿的时候, 脚趾在地表拖行而形成了拖曳痕。根据拖痕的位置判断, 为第 III 趾所留。这枚小型兽脚类足迹的形态特征不同于蹠脚龙足迹科(Grallatoridae)和安琪龙足迹科(Anchisauripodidae), 而与实雷龙足迹科(Eubrontidae)的成员相似, 此类足迹在神木中鸡也有报道(唐永忠等, 2018)。

3.2 蜥脚类足迹

甘泉恐龙足迹群中的蜥脚类足迹均发现于 GDT-I 足迹化石点, 在此发现的蜥脚类足迹保存在近垂直的剖面上, 出露有限, 无法确定行迹特征(图 3-a, b)。从剖面上观察, 各个足迹的保存深度较大, 超过 10 cm, 表明造迹恐龙行走时的地表极为松

软。值得一提的是, 这些蜥脚类足迹与在该地点发现的兽脚类足迹保存在同一剖面上的相同层位, 两者相距不足 10 m 且行进方向相同, 可能记录了兽脚类恐龙追踪捕猎蜥脚类恐龙的场景。

甘泉恐龙足迹群中的蜥脚类足迹根据大小可以分为 2 类: 一类为大型足迹, 长度超过 40 cm; 另一类为小型足迹, 长度介于 20~30 cm 之间。大型足迹以 1 枚孤立的蜥脚类足迹铸模为代表(图 3-c), 为一成年个体的左前足足迹, 呈现三维形态保存, 整体呈“U”字形, 足长与足宽近似相等, 长约 55 cm, 宽约 58 cm, 足迹前部有五趾, 其中的第 II、III、IV 趾被 2 个清晰的沟槽隔开, 延伸较长, 是由造迹恐龙在松软的沉积物中抬脚时脚趾头形成的拖痕。在 1 枚小型蜥脚类足迹的外侧表面见有延长的、近于平行的凹痕,

宽度为 8~15 mm, 每 10 cm 保存有 8 条, 可能是造迹恐龙抬脚时足部皮肤鳞片在松软的沉积物中留下的皮肤刮擦线(scratch lines)(图 3-d)。

在蜥脚类足迹中, 一般根据行迹内宽及前、后足的面积比来区分雷龙足迹属(*Brontopodus*)和副雷龙足迹属(*Parabrontopodus*)(李日辉等, 2019b)。由于保存原因, 甘泉发现的蜥脚类足迹出露有限, 无法测得行迹相关数据, 但是在出露的剖面上观察这些蜥脚类足迹构成的行迹较宽, 似乎可将其归入雷龙足迹属。该地点的蜥脚类足迹是造迹恐龙在湿软的地表行走留下的深足迹, 为三维立体保存, 能够提供蜥脚类恐龙足部立体形态和运动机制的信息。

3.3 可能的鸟脚类足迹

目前仅在 GDT-II 足迹化石点发现 1 枚孤立的足迹(图 4-a)。该足迹轮廓为椭圆形-三趾型, 足长 38.3 cm, 足宽为 38.9 cm, 足宽略大于足长, 各趾较粗壮厚实, 趾间似乎有蹼, 趾末端外凸, 较圆钝, 两外侧趾(II趾和IV趾)的夹角接近 90°, 足迹后缘呈“U”字形。足迹上各趾的保存状况较差, 可能与松软潮湿的地表环境有关。这枚足迹的形态特征与鸟脚类足迹相似, 但因为保存状况较差, 其具体分类位置有待进一步研究确定。

3.4 可能的龟鳖类足迹

该类足迹是在 GDT-II 足迹化石点发现的, 成群出现, 指示的造迹动物行进方向基本一致, 表明该类足迹的造迹者有群居的生活习性(图 4-b)。该类足迹为小型足迹, 四足行走, 足迹形态变化较大, 总体来说非常短小(2~5 cm), 也见有延伸拉长的划痕, 可能是爪在松软沉积物中留下的痕迹; 大部分足迹保存为三趾, 仅少部分足迹保留有较短小的第IV趾; 足上各趾纤细, 相互平行, 长度相差不大, 趾间有蹼迹, 趾尖锐; 足宽大于足长。上述这些特征是典型的游泳动物留下的痕迹特征(Lockley et al., 2010), 足迹后缘的枕状隆起, 是由于造迹动物在浅水环境中游动时脚部向后蹬踩水底而形成的。小型四足类动物的游泳迹较罕见, 一般可以归入龟鳖类或鳄类, 它们在尺寸、趾尖形状、趾的数量和相对长度、有无蹼迹等方面存在区别。龟鳖类的游泳迹不同于鳄类的显著特点是前、后足的形态非常相似, 而且宽大于长(Lockley et al., 2014)。此外, 龟鳖类游泳迹通常保留有第 I 趾至第 III 趾的印迹, 而第 IV 趾较短小(Avanzini et al., 2005)。

甘泉恐龙足迹群中的这些小型足迹与山东莱阳下白垩统水南组发现的莱阳足迹(*Laiyangpus liui*)相似。莱阳足迹传统上被归入小型虚骨龙类足迹, 后来又被归入鳄类足迹, 最新的研究则将其归入龟鳖类足迹(*Chelonipus liui* comb. nov.)(Lockley et al., 2019)。亚洲地区的龟鳖类足迹直到近十几年来才有报道, 在地层分布上主要发现于白垩系(Lockley et al., 2012, 2014, 2018, 2019; Kim et al., 2016; Xing et al., 2019)。其中, 鄂尔多斯盆地的龟鳖类足迹仅发现于内蒙古鄂托克旗查布地区的下白垩统泾川组(Lockley et al., 2018)。甘泉发现的这批小型足迹可能代表了龟鳖类足迹在鄂尔多斯盆地侏罗系的首次记录, 其具体分类位置有待进一步研究。

4 结论

陕西甘泉恐龙足迹群的发现填补了本地区恐龙遗迹化石的空白, 扩大了中国恐龙足迹的地理分布, 具有以下几方面的重要意义。

(1) 甘泉恐龙足迹群具有较强的多样性, 包括了兽脚类、蜥脚类、可能的鸟脚类及龟鳖类足迹, 表明鄂尔多斯盆地中侏罗世存在一个物种相当丰富的恐龙动物群。

(2) 甘泉恐龙足迹群中的兽脚类足迹呈现了高度的多样性, 包括大型、中型、小型的三趾型足迹和大型的四趾型足迹, 反映了兽脚类恐龙独特的生物多样性。

(3) 甘泉恐龙足迹群中发现的与龟鳖类足迹类似的小型足迹, 为该类足迹在鄂尔多斯盆地侏罗系的首次记录。

(4) 中国侏罗纪未见有足长超过 50 cm 的兽脚类足迹, 而甘泉恐龙足迹群中的多枚兽脚类足迹的足长超过了 50 cm, 其中最长的 1 枚经初步测量为 59.6 cm, 是目前中国侏罗纪已知的最大兽脚类足迹。

(5) 甘泉恐龙足迹群中的蜥脚类足迹以三维立体的形式保存, 同一层位还保存有大型兽脚类足迹, 可能记录了兽脚类恐龙追踪捕猎蜥脚类恐龙的场景。

(6) 甘泉恐龙足迹群中类似极大龙足迹(*Gigandipus*)兽脚类足迹的发现, 表明这类足迹的造迹恐龙在中国中侏罗世有较大的分布范围, 可从四川盆地扩展到鄂尔多斯盆地。

(7) 甘泉恐龙足迹群的发现再次表明, 在鄂尔多斯盆地侏罗系虽然迄今未有恐龙骨骼化石的发现,

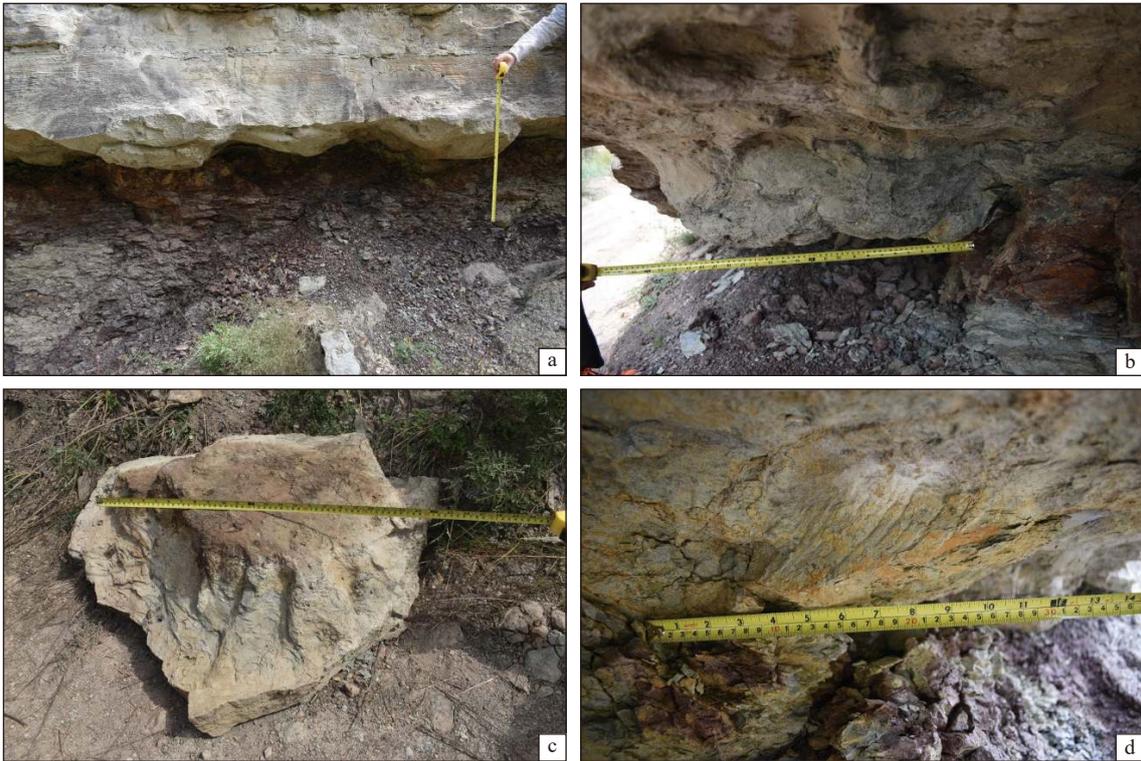


图 3 陕西甘泉蜥脚类足迹照片

Fig. 3 Photographs of some sauropod footprints in Ganqun County, Shaanxi Province
a—蜥脚类足迹的保存层位; b—蜥脚类足迹重叠迹; c—大型蜥脚类足迹铸模; d—小型蜥脚类足迹铸模



图 4 陕西甘泉可能的鸟脚类(a)和龟鳖类(b)足迹

Fig. 4 Photographs of possible ornithopod (a) and turtle (b) footprints in Ganqun County, Shaanxi Province

但足迹化石的不断出现亦表明这里在侏罗纪曾经生活过很多种类的恐龙,是恐龙繁衍生息的重要地区。

综上所述,陕西甘泉恐龙足迹群展现了具有多样化的恐龙动物群,对于研究鄂尔多斯盆地侏罗纪恐龙动物群的构成及其古生态、古地理、古环境具有重要意义,也为在本地区发现侏罗纪恐龙骨骼化石

提供了依据。目前对甘泉恐龙足迹群的野外调查与研究仍在进行,相信随着工作的深入,有望发现更多的足迹化石点和足迹类型。

致谢:野外工作得到中国地质调查局地质环境监测院董颖正高级工程师、陕西省地质调查院矿产地质调查中心副主任张俊良正高级工程师的指导,

审稿专家对本文提出了宝贵修改意见和建议,使得文章更完善,在此一并表示衷心感谢。

参考文献

- Avanzini M, García-Ramos J C, Lires J, et al. 2005. Turtle tracks from the Late Jurassic of Asturias, Spain[J]. *Acta Palaeontologica Polonica*, 50(4): 743–755.
- Chen P J, Li J J, Matsukawa M, et al. 2006. Geological ages of dinosaur-track bearing formations in China[J]. *Cretaceous Research*, 27: 22–32.
- Kim J Y, Lockley M G. 2016. First report of turtle tracks from the Lower Cretaceous of Korea[J]. *Cretaceous Research*, 64: 1–6.
- Lockley M G, Fanelli D, Honda K, et al. 2010. Crocodile waterways and dinosaur freeways: implications of multiple swim track assemblages from the Cretaceous Dakota Group, Golden area, Colorado[J]. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 51: 137–156.
- Lockley M G, Xing L D, Li J J, et al. 2012. First records of turtle tracks in the Cretaceous of China[C]//Huh M, Kim H J, Park J Y. The 11th Mesozoic Terrestrial Ecosystems Abstracts volume, Korea Dinosaur Research Center. Kwangju: Chonnam National University: 311–313.
- Lockley M G, Cart K, Martin J, et al. 2014. A bonanza of new tetrapod tracksites from the Cretaceous Dakota Group, western Colorado: implications for paleoecology[J]. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 62: 393–409.
- Lockley M G, Li J J, Xing L D, et al. 2018. Large theropod and small sauropod trackmakers from the Lower Cretaceous Jingchuan Formation, Inner Mongolia, China[J]. *Cretaceous Research*, 92: 150–167.
- Lockley M G, Xing L D, Xu X. 2019. The “lost” holotype of *Laiyangpus liui* Young (1960) (Lower Cretaceous, Shandong Province, China) is found: Implications for trackmaker identification, ichnotaxonomy and interpretation of turtle tracks[J]. *Cretaceous Research*, 95: 260–267.
- Xing L D, Lockley M G, Klein H, et al. 2018. Theropod assemblages and a new ichnotaxon *Gigandipus chiappei* ichnosp. nov. from the Jiaguan Formation, Lower Cretaceous of Guizhou Province, China[J]. *Geoscience Frontiers*, 9(6): 1745–1754.
- Xing L D, Li D Q, Klein H, et al. 2019. Lower Cretaceous turtle tracks from Hekou Group of Northwest China[J]. *Cretaceous Research*, 99: 269–274.
- Xing L D, Niu K C, Lockley M G, et al. 2019. A probable tyrannosaurid track from the Upper Cretaceous of southern China[J]. *Science Bulletin*, 64(16): 1136–1139.
- 陈印, 冯晓曦, 陈路路, 等. 2017. 鄂尔多斯盆地东北部直罗组内碎屑锆石和铀矿物赋存形式简析及其对铀源的指示[J]. *中国地质*, 44(6): 1190–1206.
- 郭艳琴, 李文厚, 郭彬程, 等. 2019. 鄂尔多斯盆地沉积体系与古地理演化[J]. *古地理学报*, 21(2): 293–320.
- 胡松梅, 邢立达, 王昌富, 等. 2011. 陕西商洛地区下白垩统大型兽脚类恐龙足迹[J]. *地质通报*, 30(11): 1697–1700.
- 计波, 焦养泉, 刘阳. 2022. 鄂尔多斯盆地东北部下侏罗统富县组底部石英砂岩成因与物源[J]. *地质通报*, 41(9): 1601–1612.
- 姬书安, 卢立伍, 张笠夫, 等. 2017. 内蒙古鄂尔多斯地区早白垩世恐龙动物群研究新进展[J]. *中国地质*, 44(1): 196–197.
- 李建军, 巴特尔, 张维虹, 等. 2006. 内蒙古查布地区下白垩统巨齿龙足印化石[J]. *古生物学报*, 45(2): 221–234.
- 李建军, 白志强, Lockley M G, 等. 2010. 内蒙古乌拉特中旗恐龙足迹研究[J]. *地质学报*, 84(5): 723–742.
- 李建军, 白志强, 魏青云. 2011. 内蒙古鄂托克旗下白垩统恐龙足迹[M]. 北京: 地质出版社: 1–109.
- 李日辉, 李建军, 邢立达. 2019a. 中国恐龙足迹化石图谱[M]. 青岛: 青岛出版社: 1–924.
- 李日辉, 陈晓辉, 李建军, 等. 2019b. 山东郯城以蜥脚类恐龙为主的足迹化石群: 古生态学及地层学意义[J]. *山东科技大学学报(自然科学版)*, 38(1): 40–48.
- 李欣伟, 马浪, 惠瑞瑞. 2022. 陕西安塞首次发现中侏罗世晚期恐龙足迹[J]. *地质通报*, 41(11): 2081–2086.
- 李兴文, 唐永忠, 邢立达, 等. 2021. 陕西省恐龙足迹化石的分布特征及评价研究[J]. *世界地质*, 40(1): 7–14.
- 李阳, 蒋顺兴, 汪筱林. 2020. 新疆准噶尔盆地发现世界最大的亚洲足迹[J]. *科学通报*, 65(18): 1875–1887.
- 刘池洋, 赵红格, 桂小军, 等. 2006. 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*, 80(5): 617–638.
- 陕西省地质调查院. 2017. 中国区域地质志·陕西志[M]. 北京: 地质出版社: 1–1120.
- 唐永忠, 邢立达, 徐涛, 等. 2018. 陕西中鸡发现白垩纪恐龙足迹群[J]. *地质通报*, 37(7): 1193–1196.
- 杨兴隆, 杨代环. 1987. 四川盆地恐龙足印化石[M]. 成都: 四川科学技术出版社: 1–30.