

地质与矿产

# 山东蒙阴盆地中晚侏罗世三台组恐龙足迹化石新材料新认识

李日辉<sup>1</sup>, 刘明渭<sup>2</sup>, 杜圣贤<sup>3</sup>

(1. 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 山东 青岛 266071; 2. 山东省第四地质矿产勘查院, 山东 潍坊 261021; 3. 山东省地质科学研究院, 山东 济南 250013)

**摘要:**对山东蒙阴盆地三台组以前及新发现的三趾型恐龙足迹化石开展了综合研究, 认为应归入翘脚龙足迹属 *Grallator*, 其造迹者是小型兽脚类恐龙而非此前认为的鸟脚类恐龙, 是目前山东省时代最老的恐龙足迹化石, 也是中晚侏罗世恐龙活动的唯一证据。

**关键词:**恐龙足迹; 兽脚类恐龙; 中上侏罗统; 三台组; 蒙阴盆地; 山东

**中图分类号:** Q915 **文献标识码:** A

**引文格式:** 李日辉, 刘明渭, 杜圣贤. 山东蒙阴盆地中晚侏罗世三台组恐龙足迹化石新材料新认识[J]. 山东国土资源, 2015, 31(7): 1-3. LI Rihui, LIU Mingwei, DU Shengxian. Dinosaur tracks from Middle-Upper Jurassic Santai Formation New materials and new interpretation[J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(7): 1-3.

山东省白垩纪恐龙足迹化石十分丰富, 但侏罗纪迄今鲜有报道。2002年, 曾在蒙阴盆地新泰市杨庄侏罗纪三台组发现了山东省最早的恐龙足迹化石<sup>[1]</sup>。近几年来, 在多次野外调查中又在同一地点发现了2块足迹化石。该文对这些足迹化石开展了较深入研究, 进行了初步分类, 确定了造迹恐龙的类型。这些发现将为全面认识山东省恐龙的地层分布、演化提供重要信息。

## 1 化石产出层位

三台组指坊子组之上和石炭—二叠系之上(鲁西南覆盖区)、莱阳群之下的一套紫色、杂色砂岩及砾岩。蒙阴盆地三台组较发育, 厚235 m, 总体下部粒度较细, 上部偏粗。下部砂岩段为紫红色、砖红色长石砂岩夹砂砾岩、页岩, 上部砾岩段为砖红、紫红色石英质、灰质砾岩夹长石砂岩。其下西部与坊子组整合接触, 东部分别上超于石炭纪本溪组、太原组、奥陶纪马家沟群之上; 其上与莱阳群止凤庄组平行不整合接触。产孢粉 *Converrucosisporites* -

*Maculatisporties* 组合, 以及叶肢介 *Palaeolimnadia chuanbeiensis*, *P. longmenshanensis*, *Euestheria taniiformis*, 时代为中晚侏罗世<sup>[2,3]</sup>。

2002年描述的剖面位置是蒙阴县常路镇杨庄, 正确的行政区划应该是新泰市汶南镇杨庄。剖面特征如下:

### 山东省新泰市汶南镇杨庄北三台组剖面

第四系覆盖未到顶

侏罗纪淄博群三台组

- |  |         |
|--|---------|
| 14. 灰紫色厚层状砾岩                           | >5.17 m |
| 13. 紫色中层状粗粒岩屑砂岩                        | 4.0 m   |
| 12. 灰紫色厚层状细粒长石砂岩                       | 30.0 m  |
| 11. 灰紫色细粒长石砂岩夹紫色页岩                     | 5.2 m   |
| 10. 紫色中粒长石砂岩夹紫色页岩                      | 5.2 m   |
| 9. 灰紫色薄层状细粒长石砂岩夹杂色泥岩及钙质粉砂岩及一层10 cm微晶灰岩 | 4.1 m   |
| 8. 紫红色薄层状细粒长石砂岩夹中层状中粒长石砂岩              | 8.9 m   |
| 7. 紫红色薄层状中粒长石砂岩                        | 4.5 m   |
| 6. 紫红色细粒长石砂岩夹砂砾岩, 顶部发现兽脚类恐龙足迹          | 39.5 m  |

收稿日期: 2015-04-29; 修订日期: 2015-05-20; 编辑: 王敏

项目资助: 国家自然科学基金(编号40972005)、国土资源部行业基金(1212011120105)、国土资源部海洋地质调查项目(1212011220113)

作者简介: 李日辉(1961—), 男, 山东招远人, 研究员, 主要从事古生物及海洋区域地质研究; E-mail: rihuilqd@qq.com

- 5. 紫红色中粒长石砂岩, 含泥砾 7.5 m
- 4. 紫红色页岩 1.9 m
- 3. 紫红色纹层状细粒长石砂岩夹粉砂岩 11.1 m
- 2. 灰紫色角砾岩, 砾石成分为灰岩 0.4 m

~~~~~角度不整合~~~~~

下伏地层: 石炭纪月门沟群太原组

- 1. 厚层灰岩

## 2 化石描述与讨论

### 2.1 化石描述

迄今为止, 在杨庄三台组剖面共发现了 5 个恐龙足迹化石。2002 年发现的是一段由 3 个足迹组成的行迹 T<sub>1</sub> (足迹分别编号为 A, B, C), 目前足迹仍然保存在野外。2010 年发现并采集了 1 个足迹, 编号 LR-XT10.1 (图 1A)。另外, 2004 年在该化石点还采集到一个散落的三趾型足迹自然铸模, 编号为 D (图 1B)。这些足迹的测量参数如表 1。

但较其两侧趾间角大 (平均 58°) 且尺寸偏大 (平均 16.8 cm), 而后者趾间角一般 < 30°, 尺寸也 < 15 cm; 与拟翘脚龙足迹属 *Paragrallator* 相比<sup>[5]</sup>, 二者趾间角相似, 但后者尺寸也偏小 (一般小于 13 cm)。足迹 D (图 1B) 与 A, B, C 三个足迹的特征相似, 既有 *Grallator* 的特征也有 *Paragrallator* 的特征。从表 1 可以看出, LR-XT10.1 (图 1A) 足迹长 12 cm, 宽 9 cm, 两侧趾间角为 30°, 长/宽比值为 1.3, 尺寸和趾间角均落入 *Grallator* 的范围内, 因此应将其归入翘脚龙足迹属 *Grallator*。总之, 考虑到新泰杨庄的这 5 个足迹均为纤细的三趾型, 尺寸较小, LR-XT10.1 还具有明显尖的爪迹和趾垫, 特别是其长/宽比值很相似, 均在 1.3~1.4 趾间, 应归入 *Grallator* 或类 *Grallator*。

翘脚龙足迹 *Grallator* 是最早命名的足迹属之一, 为小型兽脚类恐龙足迹, 三趾型, 两侧趾间角较小, 趾垫清晰, 分布时代从晚三叠世到白垩纪。但应当指出, 关于 *Grallator* 的定义与分类目前十分混乱。如 Olsen et al. (1998) 研究认为 *Grallator*, *Anchisauripus* 和 *Eubrontes* 3 个足迹属之间在大小、中趾凸度和足迹的长宽比值方面有过渡关系, 三者之间没有明显界线。

从形态上表现为从 *Grallator* 过渡到 *Anchisauripus* 再过渡到 *Eubrontes*。尽管如此, 他们还是给出了 3 个属的鉴别特征: *Grallator* 个体较小, 足迹长一般小于 15 cm, 中趾凸度小于 1.3, 长/宽比值大于 2, 两外侧趾夹角小于 30°; *Anchisauripus* 足迹中等大小, 足迹长介于 15~25 cm 之间, 中趾凸度在 1.3~1.8 之间, 足迹长/宽比值约为 2, 两外侧趾夹角 20°~35°; *Eubrontes* 较大, 足迹长一般大于 25 cm, 中趾凸度大于 1.8, 足迹较宽, 两外侧趾夹角 25°~40°。而这 3 个属分别是 *Grallatoridae*, *Anchisauripodidae* 和 *Eubrotidae* 的模式属。他们还定义足迹属 *Grallator* 的外侧趾夹角不大于 30°<sup>[6]</sup>, 但事实上, *Grallator* 中有许多足迹种的外侧趾夹角均大于 30°, 其中包括 E. Hitchcock 最早命名的一些足迹, 比如, *Grallator tenuis* (Hitchcock, 1858) 的外侧趾夹角为 40°~45°, *G. cuneatus* (Hitchcock, 1858) 为 46°, *G. gracilis* (Hitchcock, 1865) 为 35°~40°, *G. formosus* (Hitchcock, 1858) 为 33°~55°等等<sup>[7]</sup>。

鉴于上述原因, 足迹属 *Grallator* 的重新厘定十分迫切。为区域对比的方便, 该文将新泰杨庄发

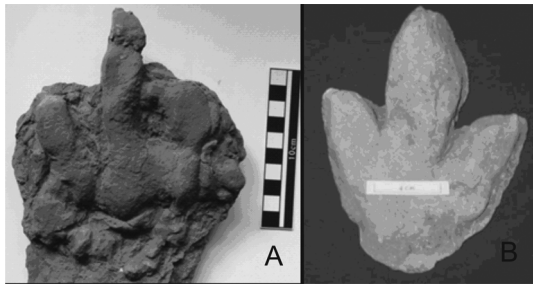


图 1 新泰杨庄三台组恐龙足迹照片 (B 中比例尺 4 cm)

表 1 新泰杨庄中晚侏罗世三台组恐龙足迹测量参数

| 编号        | 足迹长 (cm) | 足迹宽 (cm) | 长/宽 | II-IV 趾间角 (°) | 步长 (cm) | 步长/足长 | 复步长 (cm) |
|-----------|----------|----------|-----|---------------|---------|-------|----------|
| A         | 17.5     | 12.0     | 1.4 | 60            | 49.0    | 2.9   | 81.5     |
| B         | 17.0     | 12.0     | 1.4 | 54            | 49.0    | 2.8   |          |
| C         | 16.0     | 11.5     | 1.4 | 60            |         |       |          |
| LR-XT10.1 | 12.0     | 9.5      | 1.3 | 30            |         |       |          |
| D         | 16.0     | 12.4     | 1.3 | 50            |         |       |          |

### 2.2 讨论

行迹 T<sub>1</sub> 由 A, B, C 共 3 个足迹组成, 足迹长平均 16.8 cm, 宽 11.8 cm。长宽比约 1.4, 单步长 49 cm, 复步长 81.5 cm, 足迹方向 230°, III 趾略外偏。最初认为是小型鸟脚类足迹<sup>[1]</sup>, 现在看应该是小型兽脚类恐龙的足迹。主要依据 Thulborn (1990)<sup>[4]</sup> 的一些判别标准: ①足长 > 宽; ②长宽比较大 (1.4); ③脚趾纤细, 形态为锥形且远端尖锐。从表 1 可以看出, T<sub>1</sub> 足迹形态上类似于翘脚龙足迹 *Grallator*,

现的这些足迹化石均暂时定为 *Grallator* isp., 很明显, 这些足迹的造迹者均为小型兽脚类恐龙。

根据 Alexander(1976)速度计算公式<sup>[8]</sup>:

$$V = 0.25 \cdot g^{0.5} \cdot \lambda^{1.67} \cdot h^{-1.17}$$

对行迹 T<sub>1</sub> 进行计算, 得到造迹恐龙的运动速度为 0.87 m/s, 即 3.13 km/h。此外, 一般将复步长与臀高的比值 ( $\lambda/h$ ) 称为相对复步长 (relative stride), 它是判断恐龙运动状态的指标, 当这个值小于等于 2 时, 认为古动物是在行走; 这个值在 2 和 2.9 之间是在小跑, 大于 2.9 时, 在快速奔跑。而通常臀高一般按 4 倍足长来计算。因此, 新泰行迹 T<sub>1</sub> 的  $\lambda/h$  值为 1.2, 造迹者显然在行走状态。

### 3 结语

(1) 山东新泰杨庄中晚侏罗世三台组产少量三趾型足迹化石, 足迹长 12.0~17.5 cm, 宽 9.5~12.4 cm, 将其统归入翘脚龙足迹属 *Grallator*, 按未定种处理。

(2) 这些足迹化石的造迹者应为小型兽脚类恐龙而不是此前认为的小型鸟脚类恐龙。

(3) 三台组的恐龙足迹化石表明, 这些化石是目前山东省中晚侏罗世恐龙活动的唯一证据, 表明该时期蒙阴盆地生活有小型兽脚类恐龙。研究表明, 相似的小型兽脚类恐龙在白垩纪早期的胶莱盆地、

莒南等地仍特别发育<sup>[9]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 李日辉, 刘明渭, 松川正树. 山东发现侏罗纪恐龙足迹化石[J]. 地质通报, 2002, 21(8-9): 596-597.
- [2] 宋明春, 王沛成, 梁邦启, 等. 山东省区域地质[M]. 济南: 山东省地图出版社, 2003.
- [3] 张增奇, 刘书才, 杜圣贤, 等. 山东省地层划分对比厘定意见[J]. 山东省国土资源, 2011, 27(9): 1-9.
- [4] Thulborn, R.A., Dinosaur Tracks[M]. London: Chapman Hall, 1990.
- [5] 李日辉, 张光威. 莱阳盆地莱阳群恐龙足迹化石的新发现[J]. 地质论评, 2000, 46(6): 605-610.
- [6] Olsen, P.E., Smith, J.B., McDonald, N.G., 1998. 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, USA). *Journal of Vertebrate Paleontology* 18, 586-601.
- [7] 李建军. 中国古脊椎动物志(第二卷第八册)[M]. 北京: 科学出版社, 2015.
- [8] Alexander, R.M. Estimates of speeds of dinosaurs[J]. *Nature*, 1976, 261: 129-130.
- [9] Li R., Lockley, M.G., Matsukawa M., Liu M. Important dinosaur-dominated footprint assemblages from the Lower Cretaceous Tianjianlou Formation at the Houzuoshan Dinosaur Park, Junan County, Shandong Province, China[J]. *Creaceous Research*, 2015, (52), Part A: 83-100.

## Dinosaur tracks from Middle—Upper Jurassic Santai Formation: New materials and new interpretation

LI Rihui<sup>1</sup>, LIU Mingwei<sup>2</sup>, DU Shengxian<sup>3</sup>

(1. Qingdao Institute of Marine Geology, China Geological Survey, Shandong Qingdao 266071, China; 2. No.4 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Weifang 261021, China; 3. Shandong Institute of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** New revealed and previously reported dinosaur tracks, which are all from Middle—Upper Jurassic Santai Formation of the Mengyin basin in Yangzhuang, Xintai City, Shandong Province, are synthetically studied herein. These tracks are all tridactyl, longer than wide (ranges 12.0~17.5 cm in length and 9.5~12.4 cm in width), and the track length/width ratios range between 1.3 and 1.4. One of the track (LR—XT10.1) even shows clear sharp claw traces. All these features demonstrate that these traces are of theropod, instead of ornithopod as previously interpreted, dinosaur affinity, and they are herein tentatively labeled as *Grallator* isp. The tracks from the Santai Formation are the earliest dinosaur record ever reported in Shandong Province, it also indicate that small—scale theropod dinosaurs once existed in the Megnyin basin during Middle—Late Jurassic time.

**Key words:** Dinosaur footprints; middle - upper Jurassic; Santai formation; Mengyin basin; Shandong province