

甘肃永靖盐锅峡早白垩世翼龙足迹的发现及意义

彭冰霞^{1,2} 杜远生² 李大庆³ 白仲才³

1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东广州 510640

2. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074

3. 甘肃省第三地质勘察院, 甘肃兰州 730050

摘要: 甘肃永靖盐锅峡恐龙足迹1号化石点中保存有翼龙足迹, 该足迹是我国翼龙足迹的首次发现。翼龙足迹为四足行走, 行迹宽。前脚为不对称三趾型, 趾行式, 其中Ⅱ趾最短, Ⅳ趾最长, 足迹外偏, 偏角大, Ⅳ趾与行迹交角为 $160^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 。后脚外形为近长方形, 四趾型, Ⅱ、Ⅲ趾较Ⅰ、Ⅳ趾长, 蹠行式, 脚长为宽的3倍, 足迹外偏, 偏角 30° 。足迹特征表明该翼龙足迹属于一新种。沉积特征表明翼龙足迹产于湖岸环境。

关键词: 翼龙足迹, 早白垩世, 甘肃省。

中图分类号: Q915.2

文章编号: 1000-2383(2004)01-0021-04

收稿日期: 2003-04-05

The First Discovery of the Early Cretaceous Pterosaur Track and Its Significance in Yanguoxia, Yongjing County, Gansu Province

PENG Bing-xia^{1,2}, DU Yuan-sheng², LI Da-qing³, BAI Zhong-cai³

1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

2. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

3. Third Institute of Geology and Exploration of Gansu Province, Lanzhou 730050, China

Abstract: A group of pterosaur trackway is preserved in site 1 of dinosaur tracksite of Yanguoxia, Yongjing County, Gansu Province. The pterosaur trackway is the first one discovered in China. The pterosaur trackway is quadrupedal, with wide gauge. Manus impression is strongly asymmetrical, digitigrade, tridactyl, with three digits impression showing outward rotation; digit II is the shortest while digit IV is the largest. And digit IV subtends an angle of about $160^{\circ} - 180^{\circ}$ relative to the trackway axis. Pes impression is sub-rectangular in shape which is three times longer than the width and tetradactyl with digits II and III longer than digits I and IV, and outward rotation of about 30° relative to trackway axis. Based on the character of pterosaur tracks, the authors assign them to a new ichnosp. The sedimentology of this site reflects a paleoenvironment of lake shoreline where pterosaur tracks occur.

Key words: pterosaur trackway; Early Cretaceous; Gansu Province.

甘肃永靖盐锅峡恐龙足迹化石群发现以后(李大庆等, 2001; 杜远生等, 2002), 随着研究的不断深入, 最近发现在1号化石点上保存有一组翼龙足迹化石。翼龙是一种飞翔的爬行动物, 从三叠纪末开始出现, 与同时代的恐龙绝灭于白垩纪末期。翼龙分为两类, 一类为短颈、长尾的原始喙嘴龙类; 另一种为长颈、短的翼手龙类。翼龙足迹研究同骨骼研究一样

具有悠久的历史。早在1862年, Oppel *et al.* 就提出晚侏罗世 Solenhofen 灰岩中的足迹为翼龙足迹。Stokes(1957)在研究亚利桑那州 Morrison 组足迹时, 正式命名第1个翼龙足迹 *Pteraichnus saltwashensis*。之后, 翼龙足迹在世界各地不断有新的报道。尽管如此, 中国乃至整个亚洲翼龙足迹的研究长期是一个空白。直至 Huh *et al.* (1996) 在韩国白垩纪地

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 40042007)。

作者简介: 彭冰霞(1977-), 女, 现在中国科学院广州地球化学研究所攻读博士学位, 主要从事遗迹学、沉积学及古环境研究。

层中发现翼龙足迹,才证实了亚洲翼龙足迹的存在。因此,我国甘肃省盐锅峡翼龙足迹化石的首次发现,对于该区古生物面貌,翼龙古生态学以及生物古地理研究都具有极其重要的意义。

1 地质背景

翼龙足迹化石点位于甘肃省永靖县盐锅峡附近(图 1),化石保存于灰色砂岩中。区域地质调查资料表明该砂岩属于早白垩世河口群盐锅峡组。河口群为一套陆相的砂岩、粘土岩、砾岩,自下而上分为 4 个组:朱家台组、盐锅峡组、红古城组和花庄组。其中盐锅峡组为灰绿色、灰褐色砂岩和紫红色粉砂岩和泥质岩。盐锅峡组中水流波痕、浪成波痕、泥裂及生物扰动构造发育,表明盐锅峡组为湖相沉积,而翼龙足迹则保存在盐锅峡组下部湖滨的砂岩沉积中。

2 系统古生物学

盐锅峡翼龙足迹保存较浅,前脚的足迹清晰,后脚保存较差。这种现象符合 Lockley *et al.* (1995) 提出的翼龙足迹特有的保存特点。

2.1 化石特征描述

翼龙目 Order Pterosauria Kaup 1834

翼龙遗迹化石科 Ichnofamily Pteraichnidea Lockley *et al.*, 1995

翼龙遗迹化石属 *Ichonogenus Pteraichnus* Stokes 1957

盐锅峡翼龙足迹 *Pteraichnus Yanguoxiaensis* ichnosp. nov

材料:甘肃永靖盐锅峡恐龙足迹点保存 11 对翼龙足迹,标本号为 CUG-PT1-11。正模标本:可辨析前后脚的翼龙足迹,编号 CUG-PT2。名称来源:足迹属于翼龙足迹属,产于甘肃永靖盐锅峡,由此而命名。地层层位:下白垩统河口群盐锅峡组下部灰褐色砂岩。种征:四足行走,前脚为不对称三趾型,趾行式;II 趾最短,IV 趾最长,趾末端稍向外弯曲。IV 趾向后延伸,几乎平行于行迹中线。后脚具 4 个功能趾;蹠行式;其中 II、III 趾较长,IV 趾长于 I 趾;脚印长,外形近长方形。前后足迹都向外偏转,行迹宽。描述:行迹由 11 对脚印组成,共 3.32 m,其中最后 8 对保存较清晰(图 2),行迹大致向西延伸。该组行迹中前脚保存清晰,后脚只是在最后 3 对中可以辨析,且保存深度都明显小于前脚。前脚为明显的不对称三趾

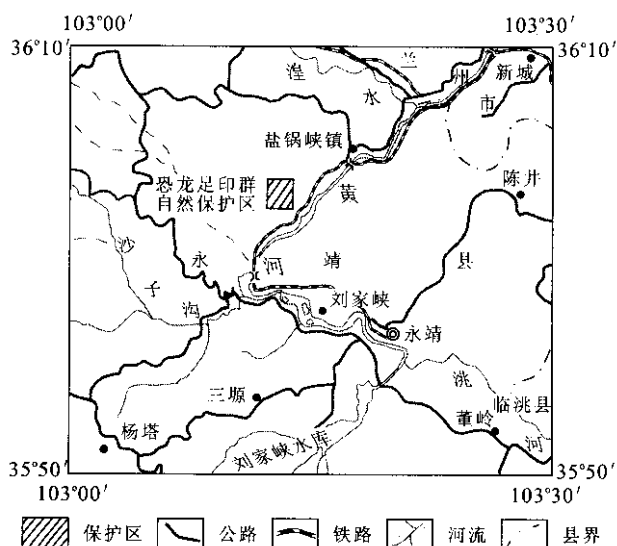


图 1 研究区位置示意图

Fig. 1 Position of the study area

型,趾行式,其中 II 趾最短,为 3.8 cm,II 趾与行迹的交角为 $52^{\circ} \sim 85^{\circ}$;III 趾长 4.4 cm;IV 趾最长,为 7.5 cm,趾末端稍微有点弯曲(图 3),与行迹的交角为 $160^{\circ} \sim 180^{\circ}$,保存较好的脚印中,在 III、IV 趾末端可见爪迹。后脚为四趾型,蹠行式,根部较宽,外形近长方形,长与宽的比值约为 3(图 4),足迹外偏,偏角约为 30° 。行迹宽,外宽为 41 cm,行迹内宽 30 cm;单步长为 48 ~ 60 cm,复步长为 83 ~ 86 cm;步幅角为 $94^{\circ} \sim 114^{\circ}$ 。

2.2 讨论

与世界其他翼龙足迹一样,盐锅峡的翼龙足迹具典型翼龙足迹的一些特征:四足行走,极不对称三趾型前脚,趾行式,II 趾最短,IV 趾最长,前、后脚均外偏,行迹宽等。但是后脚特征与韩国晚白垩世 Uhangri 组中发现的 *Haenamichnus uhangriensis* 足迹(Hwang *et al.*, 2002)和英国的 *Purbckpus pentadactylus*(Wright *et al.*, 1997)足迹有明显差别。韩国的翼龙足迹后脚足迹很难辨认,足迹呈三角形-圆形,且足迹的规模大,前脚长为 33 cm,宽 11 cm,后脚长 35 cm,宽 10.5 cm;英国的翼龙足迹后脚呈三角形,后跟短,趾宽,且明显分开,具爪迹,而盐锅峡后脚四趾型,其中 II、III 趾较长,IV 趾长于 I 趾,近长方形外形。因此盐锅峡翼龙足迹不属于 *Haenamichnus* 属和 *Purbckpus* 属。根据盐锅峡足迹特征分析,其与亚利桑那州 Morrison 组中发现的 *Pteraichnus saltwashensis*(Stokes, 1957)、美国怀俄明州 Sundance 组 *Pteraichnus stokesi*(Hwang *et*

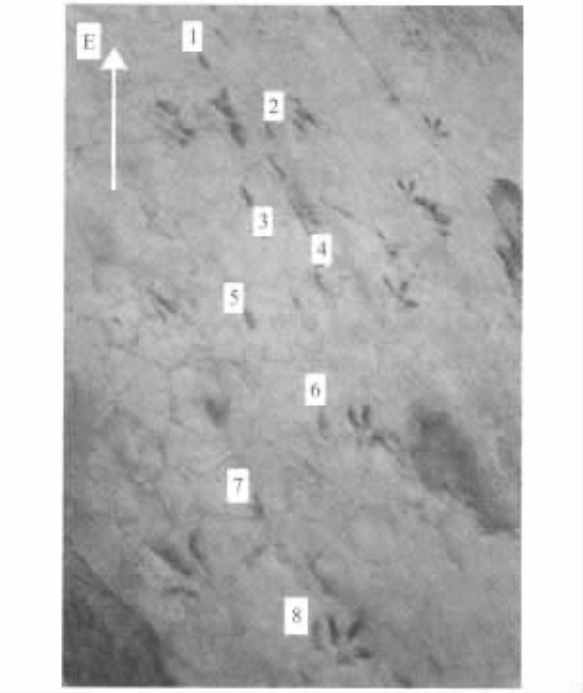


图 2 翼龙行迹 (图中标号示前脚印)

Fig. 2 Pterosaur trackway (the number is manus of pterosaur track)

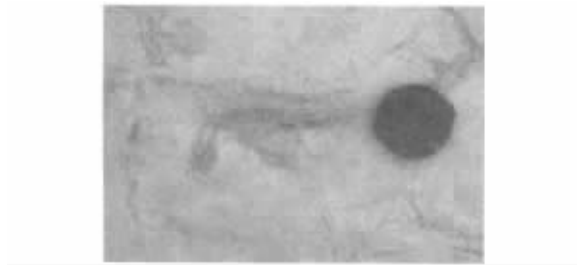
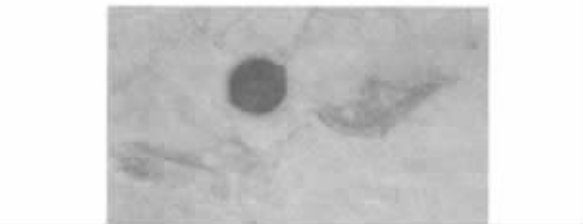


图 3 翼龙前脚印(镜头盖长 55 mm)

Fig. 3 Manus of pterosaur track (camera cap is 55 cm long)



4 翼龙后脚印(左侧)和前脚印(右侧) 镜头盖长 55 mm)

Fig. 4 Pes (left) and manus (right) of pterosaur track (camera cap is 55 cm long)

相当 ,但是也存在一些区别. 其中 Morrison 组中发现的 *Pteraichnus saltwashensis* 后脚跟部较小 ,长为宽的 2 倍 ,后脚偏角为 45° ,步幅角约为 110° . Sundance 组 *Pteraichnus stokesi* 足迹在许多特征上与 *Pteraichnus saltwashensis* 类似 ,只是前者后脚和行迹中线夹角更大 ;步幅角偏小 ,只为 90° . Rio Limay 组翼龙足迹后脚和盐锅峡足迹都为近长方形 ,足长与宽比值为 3 ,但是后脚偏角小 ,只为 25° . 因此 ,盐锅峡足迹与上述翼龙足迹都属于 *Pteraichnus* 属. 基于盐锅峡足迹和之前发现的足迹之间的不同特征 ,建立一新属 *Pteraichnus yanguoxiaensis* .

3 研究意义

盐锅峡翼龙足迹的发现为中国乃至世界翼龙足迹的研究提供了新的资料. 盐锅峡翼龙足迹进一步证实了至少一部分翼龙具四足行走 ,前脚保存比后脚深的特点. 对 Oppel(1862)认为的 Solenhofen 灰岩中的翼龙足迹 ,Caster(1941 ,1967)、Kouphichnium (1964) 就提出了属龟鳖类足迹的不同看法. 对 Stokes(1957)命名的 Morrison 组的翼龙足迹 *Pteraichnus saltwashensis* ,Padian and Olsen(1984)认为这些足迹为小型的鳄鱼足迹 ,并提出翼龙为两足行走 ,前脚五趾型 ,而不是 Stokes 所描述的四足行走 ,四趾型前脚. 因此对于翼龙足迹的分类学一直存在争议. Logue(1994)在重新研究 Morrison 组足迹以及其他一些新发现的足迹时肯定了 Stokes 的观点 ,并结合翼龙脚部的骨骼特征 ,为足迹的形成做了完美的解释. Lockley *et al.* (1995)也以大量的实际资料证明了这些足迹为翼龙足迹. 另外在美国其他一些化石点发现了一些奇异的类似两足行走翼龙足迹化石 , Lockley *et al.* (1995)提出 2 种可能的认识 :一是翼龙的行为方式决定了类似两足行走足迹的出现 ;二是由于翼龙独特的运动机制和保存特征所致. 对于这 2 种认识 ,大多学者都偏向于后者 ,即翼龙在行走时 ,全身大部分的重力都集中在前脚上 ,致使前脚比后脚深 ,因此在化石保存过程中 ,较浅的后脚足迹往往被磨蚀而不易被发现.

盐锅峡翼龙足迹分布在滨湖相砂岩中 ,这也为翼龙的行为习性研究拓宽了范围. 早期大量海相翼龙足迹化石的发现使得人们认为翼龙只适合生活于宽广的海域环境 ,但是陆相足迹化石的不断发现 (Bennett ,1990 ;Huh *et al.* ,1996 ;Calvo and Lockley , 2001 ;Hwang *et al.* ,2002)使得人们对翼龙的生活习性有了新的解释 :即随着白垩纪生物的辐射演化发

展,翼龙的生活范围越来越宽,从原来的海域环境不断向内陆河湖迁徙。同时盐锅峡 1 号点上翼龙足迹与大量蜥脚类、兽脚类和鸟脚类恐龙足迹共存也为遗迹生物群落的研究提供了线索。

致谢:在野外数据采集的过程中得到了甘肃省地勘局第三地勘院的帮助,在研究过程中得到了北京自然博物馆李建军研究员、李全国副研究员的指导,在此一并表示衷心感谢!

References

- Bennett S. C. ,1990. A pterodactyl pterosaur from the Santana Formation of Brazil Implications for terrestrial locomotion. *Journal of Vertebrate Paleontology* ,10 :80 –85.
- Calvo J. O. ,Lockley M. G. ,2001. The first pterosaur tracks from Gondwana. *Cretaceous Research* 22 :585 –590.
- Caster K. E. ,1941. Trails of limulus and supposed vertebrates from the Solenhofen lithographic limestone. *Pan American Geologist* 76 :241 –258.
- Caster K. E. ,1967. Problematica. *Memoirs of the Geological Society of America* 67 :1025 –1032.
- Du Y. S. ,Li D. Q. ,Peng B. X. ,et al. 2002. Largescale dinosaur footprints of sauropod from Yanguoxia ,Yongjing County ,Gansu Province. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences* 27(4) :367 –372 (in Chinese with English abstract).
- Huh M. ,Lim S. K. ,Yang S. Y. ,1996. First discovery of pterosaur tracks from Asia. *Journal of the Geological Society of Korea* 32 :526 –528.
- Hwang K. G. ,Huh M. ,Lockley M. G. ,et al. 2002. New pterosaur tracks (pterachnidae) from the Late Cretaceous Uhangri Formation southwestern Korea. *Geological Magazine* ,139(4) :421 –435.
- Kouphichnium M. H. ,1964. Walchia De Geschichte Eine Fahrte und Ihres Tieres. *Natur. und Museum* 94 :81 –97.

- Li D. Q. ,Du Y. S. ,Peng B. X. ,et al. ,2001. Dinosaur footprints of the Early Cretaceous in Site 1 ,Yanguoxia ,Yongjing County ,Gansu Province. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences* 26(2) :99 ,154 (in Chinese).
- Lockley M. G. ,Logue T. J. ,Moratalla J. J. ,et al. ,1995. The fossil trackway pterachnus is pterosaurian ,not crocodilian : Implications for the global distribution of pterosaur tracks. *Ichnos* 4 :7 –20.
- Logue T. J. ,1994. Preliminary investigations of pterodactyl tracks at Alcova ,Wyoming. *Wyoming Geological Society of America Abstracts with Program South Central Section* 26 :10.
- Oppel A. ,1862. Uber Fahrten Im Lithographischen Schiefer. *Palantologie Mitteilungen Museum Bayerische Statssammlung* ,1 :21 –125.
- Padian K. ,Olsen P. E. ,1984. The fossil trackway pterachnus : Not pterosaurian ,but crocodilian. *Journal of Paleontology* ,58(1) :178 –184.
- Stokes W. M. L. ,1957. Pterodactyl tracks from the morrison formation. *Journal of Paleontology* 31(5) :952 –954.
- Wright J. L. ,Unwin D. M. ,Lockley M. G. ,et al. ,1997. Pterosaur tracks from the Purbeck limestone formation of Dorset ,England. *Proceeding of Geologists Association* ,108 :39 –48.

附中文参考文献

- 杜远生 李大庆 彭冰霞 等 2002. 甘肃省永靖县盐锅峡发现大型蜥脚类恐龙足迹. 地球科学——中国地质大学学报 27(4) :367 –372.
- 李大庆 杜远生 彭冰霞 等 2001. 甘肃永靖县盐锅峡早白垩世恐龙足迹 1 号点最新发现. 地球科学——中国地质大学学报 26(2) :99 ,154.