

重庆綦江中白垩统夹关组恐龙足迹群的发现及其意义

邢立达^{1,2)}, 王丰平³⁾, 潘世刚⁴⁾, 陈伟⁵⁾

- 1) 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037; 2) 中国禄丰恐龙研究中心, 云南, 651200;
3) 重庆市綦江县国土资源和房屋管理局, 401420; 4) 禄丰县恐龙博物馆, 云南, 651200;
5) 重庆市自然博物馆, 400013

内容提要: 记述了来自重庆綦江中白垩统夹关组恐龙足迹群, 命名了甲龙亚目的中国綦江足迹(*Qijiangpus sinensis* ichnogen. et ichnosp. nov.)、兽脚亚目的敏捷舞足迹(*Wupus agilis* ichnogen. et ichnosp. nov.)和鸟脚亚目的炎热老瀛山足迹(*Laoyingshanpus torridus* ichnogen. et ichnosp. nov.)和莲花卡利尔足迹(*Caririchnium lotus* ichnosp. nov.)等新属种。中国綦江足迹是中国首次发现甲龙类的足迹。莲花卡利尔足迹提供了鸭嘴龙类在各发育阶段所留下不同的足迹。

关键词: 重庆綦江; 夹关组; 中白垩世; 甲龙亚目; 鸟脚亚目; 兽脚亚目

綦江县位于重庆市南部, 地处四川盆地的东南缘, 华蓥山褶皱的南翼。境内山峦起伏, 沟谷深切, 地势南高北低, 呈现出由盆地丘陵向边缘山区过渡的特点。綦江县境内中生界地层较发育, 迄今已发现恐龙化石4处, 均出自侏罗系重庆群。

2006年10月, 重庆市綦江县国土资源和房屋管理局与重庆市川东南地质大队在该县三角镇老瀛山夹关组^①地层发现了百余个恐龙足迹, 这是我国西南地区中白垩统地层迄今为止发现的, 最大规模之恐龙足迹群。

夹关组目前已发现的足迹包括峨嵋山市川主乡4种的恐龙足迹 *Grallator emeiensis*、*Minisauripus chuanzhuensis*、*Velociraptorichnus sichuanensis* 和 *Iguanodonopus xingfuensis*, 及1种水生鸟足迹 *Aquatilavipes sinensis* (Zhen et al., 1987, 1995)。Lockley et al. (1992, 1998) 认为 *Aquatilavipes sinensis* 可能为一新属。

周世武在2006年曾考察綦江县老瀛山恐龙足迹化石点, 惜未做系统研究。2007年5月下旬, 笔者应邀考察了该恐龙足迹群。

经调查, 在20×7m²的范围内有329个足迹, 造迹恐龙隶属于甲龙亚目, 鸟脚亚目和兽脚亚目3

大类。本文记述了该批新足迹材料。

1 綦江三角镇老瀛山地质概况

恐龙足迹群发现于綦江县东22km处的三角镇红岩村陈家湾后山莲花寨的一套暗紫红色石英砂岩中(图1), 属白垩系夹关组。1972年, 四川省地质局第二区调队根据四川盆地西部地层系统将之划分为夹关组、下灌口组和上灌口组, 并将夹关组和下灌口组归于下白垩统, 上灌口组归于上白垩统。1977年, 四川省地质局航空区域地质调查队将灌口组归于下白垩统, 夹关组归于上白垩统。Li等(1983)通过介形类的研究, 将夹关组的下部归入下白垩统, 中、下部归入中白垩统, 上部归入上白垩统。Hao等(1984, 2000)将其定为中白垩统。Li(1995)测得夹关组的年龄在85~117Ma之间, 其中主要在92~117Ma之间。Gou(1998)根据1:5万区域地质调查结果将其定为中白垩统。随后, Gou(2001)认为夹关组是跨统的岩石地层单元, 地层相当下白垩统 Valanginian 至上白垩统 Santonian。现将1977年四川省地质局航空区域地质调查队完成的1:20万綦江幅区域剖面底部资料引用如下:

注: 本文为重庆市綦江县国土资源和房屋管理局地质陈列馆科研项目资助的成果。

收稿日期: 2007-07-28; 改回日期: 2007-10-02; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 邢立达, 男, 1982年生, 主要从事中生代爬行动物研究。通讯地址: 100037, 北京市西城区百万庄大街26号, 中国地质科学院地质研究所; 电话: 010-68999707; Email: dinosaur@vip.163.com。

上覆地层:新近系更新统(Q)

—————整合—————

- 夹关组(K_{2j}) 451~277m
- 8. 块状中、粗粒长石石英砂岩夹透镜状、条带状砾岩,底部砾岩之砾石以石灰岩为主,其次有燧石、粉砂岩等,滚圆状,一般1~2cm,个别大者在10cm以上,胶结物含钙质。 13.06m
- 7. 块状砾岩,砾石成分复杂,石英岩、燧石、细砂岩、灰岩等,一般2~5cm,个别大者在10cm以上,砾石含量多,约50%以上,泥、砂质胶结。 6.56m
- 6. 砖红色块状含长石石英砂岩,底部有厚约2.0m之砾岩,砾石为石英岩、燧石等,砂岩有发育的大型斜层理、交错层。 13.77m
- 5. 底部有一层厚约0.5m的砖红色泥岩,其上则为中厚层、厚层钙质粉砂岩。 17.77m
- 4. 灰紫色块状细粒石英砂岩,层间夹薄层紫红色泥岩,砂岩水平层理发育。 18.77m
- 3. 砾岩,砾石多为灰岩、粉砂岩等,呈透镜状,钙质胶结,为同生砾岩。 1.80m
- 2. 灰紫色块状细粒含长石石英砂岩,胶结物含钙质。 9.15m

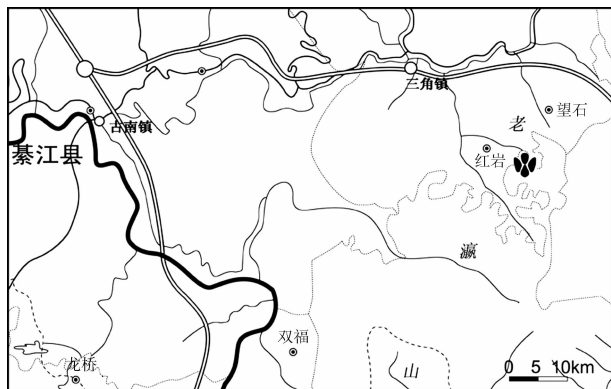


图1 綦江恐龙足迹群化石点的地理位置图 (足迹标记代表足迹化石产地)

Fig.1 The geographical map of the Qijiang dinosaur footprint (The footprint represents the footprint site)

- 1. 砖红色钙质泥岩夹紫红色粉砂岩,泥岩中产介形虫: *Cypridea* sp. 20.49m

—————平行不整合—————

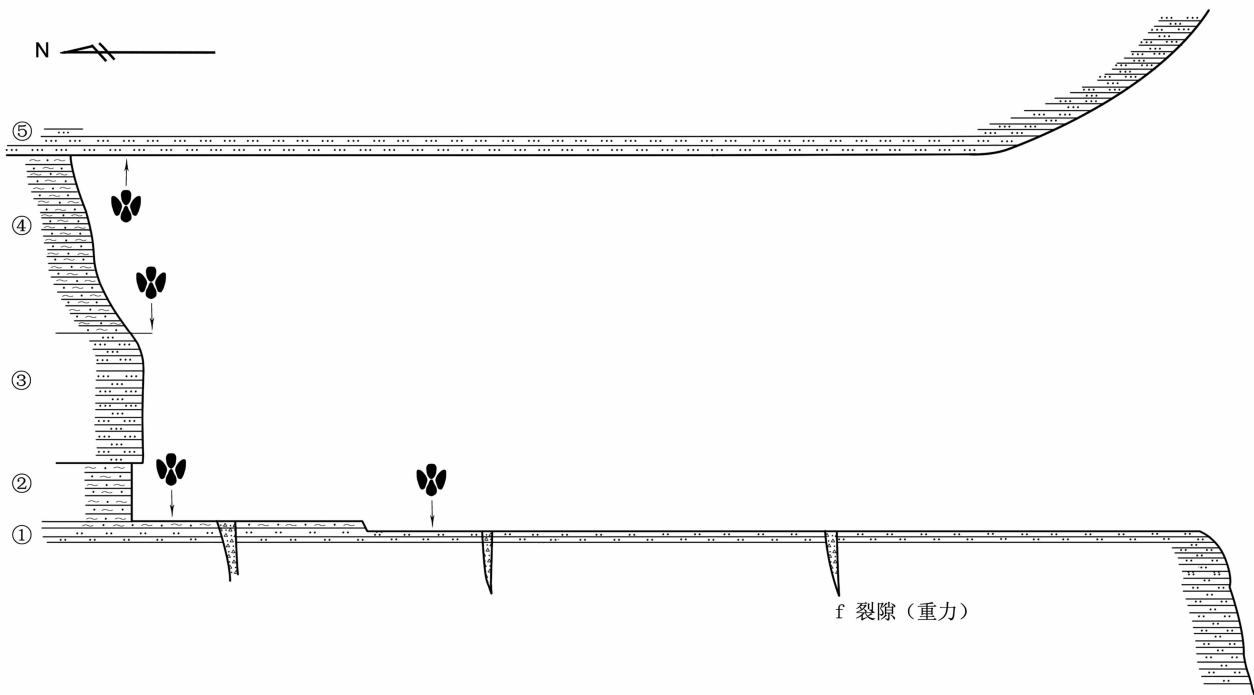


图2 恐龙足迹化石层位实测剖面

Fig.2 Measured section of dinosaur footprints bearing strata

- ①—暗紫红色块状粗粒长石石英砂岩,顶面有大量恐龙足迹;②—暗紫红色薄层状泥质粉砂岩,底部有大量恐龙足迹;③—暗紫红色厚层状中粒长石石英砂岩,层面见恐龙足迹;④—灰紫色、暗紫红色薄层状泥质粉砂岩,顶面见2个恐龙足迹;⑤—暗紫红色含砾块状长石石英砂岩
- ①—Dark magenta massive coarse grained feldspathic quartz sandstone, a large amount of the dinosaur footprints on the surface of the rock;
- ②—dark magenta lamina pelitic siltstone, a large amount of the dinosaur footprints on the bottom of the rock;
- ③—dark magenta thick layers medium grained feldspathic quartz sandstone, dinosaur footprints on the rock;
- ④—grayish purple and dark magenta lamina pelitic siltstone, two dinosaur footprints on the surface of the rock;
- ⑤—dark magenta massive conglomeratic feldspathic quartz sandstone

下伏地层:上侏罗系蓬莱镇组(J_3p)

接触处为泥质粉砂岩层,含少量白云母片、粉砂岩中常含炭屑和植物化石。

恐龙足迹群产出层位相当于上列剖面资料第 4 层,即砾岩层逐渐消失,泥岩层开始出现的过渡区段(图 2)。该段砂岩交错层理发育,见波浪状交错层。综合各方资料,推测其地质年代处于中白垩统,具体年代归属待另文讨论。经过大规模的勘查,莲花保寨目前已发现 3 层含恐龙足迹的岩层,另一层存疑(图 3)。

2 系统古生物学

鸟臀目 Ornithischia Seeley, 1888

甲龙亚目 Ankylosauria Osborn, 1923

綦江足迹属(新属) *Qijiangpus* ichnogen. nov.

特征:见属型种。

中国綦江足迹(新种) *Qijiangpus sinensis* ichnosp. nov.

(图 4;图版 I a、b;图版 II A)

词源:属名依据化石标本产出的行政辖区綦江县(Qijiang)的汉语拼音;种名为中国“*sinensis*”。

正型标本:1 个负型(凹)的前足迹分布于该恐龙足迹群的第②层。标本编号为重庆市綦江县国土资源和房屋管理局地质陈列馆恐龙遗迹化石点 QJGM-T28。8 个负型(凹)的前后足迹分布于该恐龙足迹群的第①层。标本编号为重庆市綦江县国土资源和房屋管理局地质陈列馆恐龙遗迹化石点 QJGM-T2-1~2, QJGM-T3-1, QJGM-T3-3, QJGM-T5-1~2, QJGM-T11, QJGM-T12。其中, QJGM-T2-1 后足迹保存较好,为主要描述依据。QJGM-T3-1 前足迹保存最为完好,为主要描述依据。中国禄丰恐龙研究中心模型登记号 LDRC-v. 134。

产地及层位:重庆綦江,中白垩统,夹关组

特征:甲龙类恐龙足迹,前足迹的宽度与长度比率为 0.91;第 I 和第 II 指之间的夹角约为 65° ,第 II 和第 III 指之间的夹角约为 28° ,第 III 和第 IV 指之间的夹角约为 31° ,第 IV 和第 V 指之间的夹角约为 43° ;足迹后端无明显掌骨印痕;复步角为 107° ;足长与复步的比为 1:5.34。后足迹的宽度与长度比率为 0.88;第 IV 趾最长,第 II、III 趾略短,第 I 趾最短;第 I 和第 II 趾之间的夹角约为 38° ,第 II 和第 III 趾之间的夹角约为 36° ,第 III 和第 IV 趾之间的夹角约为 43° ;足迹后部有圆状的跖骨印痕。

标本描述:1 个负型(凹)的前足迹分布于该恐

龙足迹群的第②层,8 个负型(凹)的后足迹分布于该恐龙足迹群的第①层,应为第②层之幻迹(Subtrace)。编号为 QJGM-T3-3, QJGM-T3-1, QJGM-T2-2 的 3 个前足迹为同一行迹(Trackway)上的连续足迹,它们组成一个行迹三角形(Trackway triangle)。其中 QJGM-T3-3 和 QJGM-T2-2 为两个连续的右前足迹,即同一前足完成一次运动后留下的足迹。它们构成一个复步,复步长(Stride length)1.75m;QJGM-T3-1 为左前足迹,与 QJGM-T3-3 和 QJGM-T2-2 构成两个单步。单步长(Pace length)分别为 0.8m 和 1.34m。测得复步角为 107° 。足迹显示造迹恐龙由北方转向东北方行走,行迹中线为曲线。其中 QJGM-T2-2 残缺, QJGM-T3-3 只保存了弱印痕。QJGM-T3-1 最为完好,现描述如下。

前足迹,五指型,测量数据见表 2(1)。足长与复步的比为 1:5.34。第 I 指略长于第 IV 指,短于其它诸指,整体呈铁锹状。第 II 指略短于第 III 指,前端爪痕较深,远端呈 V 型。第 IV 指最短,第 V 指最长。第 I、II 指之间的夹角远大于其它指之间的夹角,第 II、III 指之间的夹角小于第 III、IV 指之间的夹角,第 III、IV 指之间的夹角小于第 IV、V 指之间的夹角。足迹后端无明显掌骨印痕。

编号为 QJGM-T2-1, QJGM-T12 的 2 个后足迹为同一行迹上的连续足迹,构成一个单步,单步长 0.74m。其中 QJGM-T12 残缺, QJGM-T2-1 最为完好,现描述如下。

后足迹,四趾型,测量数据见表 2(2)。第 I 趾短于第 II 趾,两趾整体呈蹄状,前端爪痕较浅,远端呈宽 U 型。第 III 趾短于第 IV 趾,大于第 II 趾,整体呈长椭圆状,前端爪痕较深,远端呈 U 型,趾垫发育。第 IV 趾最长,整体呈长椭圆状,前端爪痕较浅,远端呈 U 型。第 I、II 趾之间的夹角与第 II、III 趾之间的夹角几乎相等,第 II、III 趾之间的夹角小于第 III、IV 趾之间的夹角。第 IV 趾最宽,第 II、III 趾几乎等宽,第 I 趾最窄。足迹后端有一大型跖骨印痕,整体呈圆状。跖骨印痕最大长度为 10.5 cm,最大宽度 14.5 cm。

讨论:甲龙足迹较为稀少,它们长时间都与剑龙、角龙类足迹相混淆(Thulborn, 1990; Lockley, 1991; Le Loeuff et al., 1998)。目前,至少在以下地点发现了甲龙足迹,包括美国犹他州的 Blackhawk Formation 和 Cedar Mountain Formation,阿拉斯加州 North Slope 的 Chandler Formation,科罗拉多州

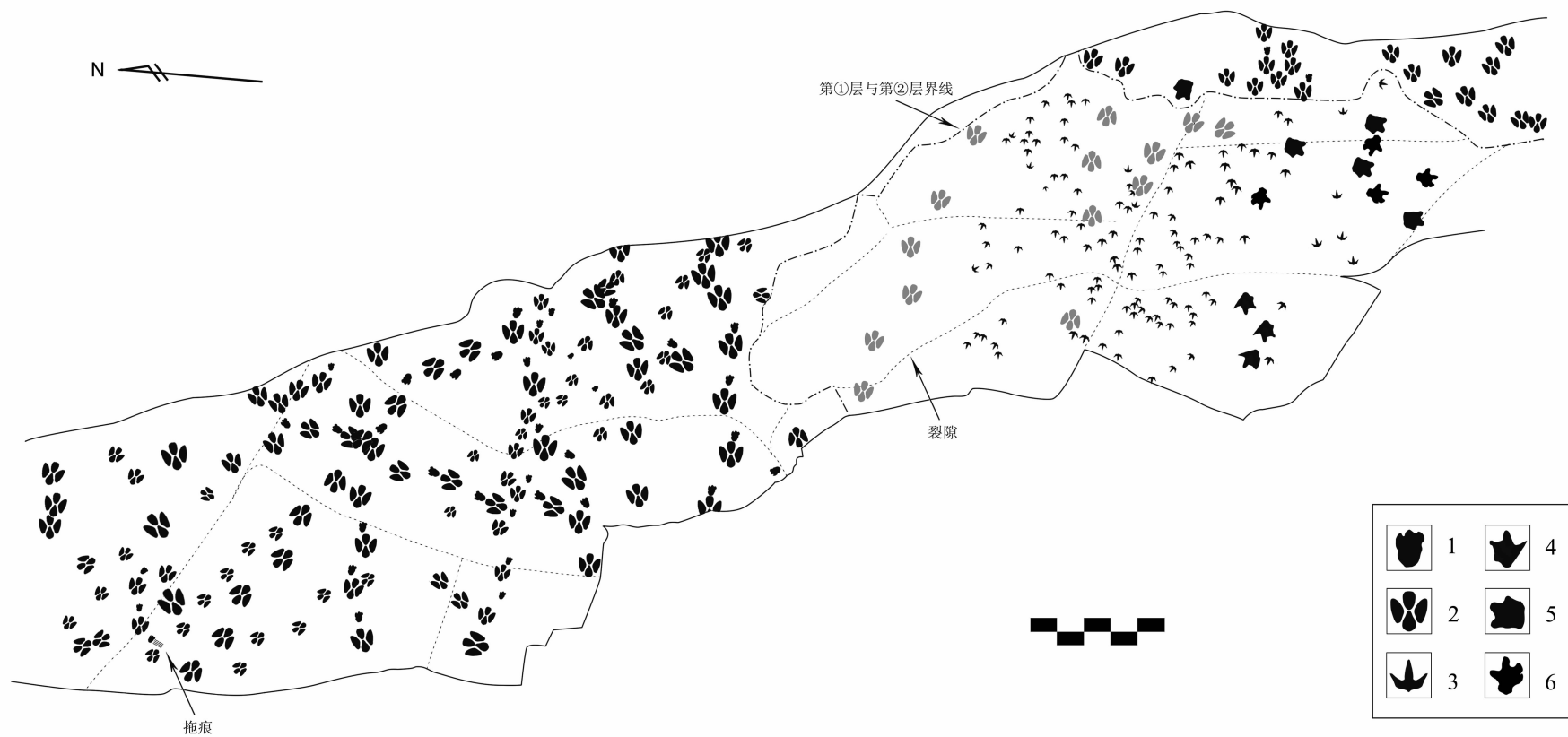


图 3 恐龙足迹化石第①、②层分布示意图(比例尺 2m)

Fig. 3 Distribution of the dinosaur footprints (stratum 1&2) Scale bars=2m

1—莲花卡利尔足迹前足迹; 2—莲花卡利尔足迹后足迹; 3—敏捷舞足迹; 4—炎热老瀛山足迹; 5—中国綦江足迹前足迹; 6—中国綦江足迹后足迹
 1—*Caririchnium lotus* Forefoot; 2—*Caririchnium lotus* Hindfoot; 3—*Wupus agilis*; 4—*Laoyingshanpus torridus*; 5—*Qijiangpus sinensis* Forefoot;
 6—*Qijiangpus sinensis* Hindfoot

和新墨西哥州的 Dakota Group; 加拿大 Alberta 和 N. E. British Columbia 的 Dunvegan Formation, Alberta 和 Grande Cache 的 Gates Formation, British Columbia 的 Gething Formation; 玻利维亚 Cal Orcko 的 El Molino Formation, Torotoro Formation; 蒙古 Djadokhta Formation; 塔吉克斯坦 Shirabad Suite; 德国 Wealden Beds; 英国 Purbeck Beds 和 Saltwick Formation (McCrea R T et al., 2001)。

Thulborn(1990)认为甲龙前足迹应比后足迹略小; 前足迹的最大宽度(第 I 和第 V 指指尖的距离)大于最大长度(第 III 指指尖到掌骨后缘全长), 5 指呈半环状排列, 每个指末端均有一个扁平的铁锹状爪; 后足有 4 个功能趾, 3 个中间趾较大, 其中第 IV 趾最大; 后足迹的最大长度(第 III 趾趾尖到跖骨后缘全长)于最大宽度(第 I 和第 IV 趾趾尖的距离); 前后足迹均向中线外偏斜; 无尾迹; 复步长是前足迹的 6 倍, 后足迹的 4 倍。McCrea R T, 等(2001)在对比了甲龙类与角龙类的足迹后, 补充认为甲龙的前足迹正对着后足迹; 前足迹中间的第 II、III 指向前凸出, 并平行于副矢状切面 (Parasagittal plane), 第 I、V 外侧指向后凸出; 后足迹不对称。中国綦江足迹的前足迹正对着后足迹; 前足迹 5 指半环状排列, 诸指末端整体呈铁锹状; 复步长是前足迹的 5.34 倍; 后足迹四趾型, 不对称, 第 IV 趾最长, 诸指整体呈蹄状与长椭圆状。因此可归入甲龙类足迹。

在已发现的甲龙足迹中, 仅 *Tetrapodosaurus* (Sternberg, 1932) 在形态上与綦江足迹较为接近。但 *Tetrapodosaurus* 的前足迹趾间角 I 65° II 28° III 31° IV 43° V, 后足迹趾间角 I 14° II 21° III 32° IV, 皆小于綦江足迹的前足迹趾间角 I 73° II 42° III 33° IV 50° V, 后足迹趾间角 I 38° II 36° III 43° IV; *Tetrapodosaurus* 前足迹的宽长比(1.35)大于綦江足迹前足迹的宽长比(0.91); *Tetrapodosaurus* 的前足迹第 I 指明显短于第 II~IV 指, 綦江足迹的前足迹第 I 指短于第 II、III 指, 但长于第 IV 指; *Tetrapodosaurus* 前足迹后端的掌骨印痕远端内凹, 綦江足迹足迹后端的掌骨印痕远端持平; *Tetrapodosaurus* 后足迹多有后迹 (Posterior Traces), 綦江足迹则无后迹。

鸟臀目 Ornithischia Seeley, 1888

鸟脚亚目 Ornithopoda Marsh, 1881

卡利尔足迹属 *Caririchnium* Leonardi, 1984

莲花卡利尔足迹 (新种) *Caririchnium lotus*

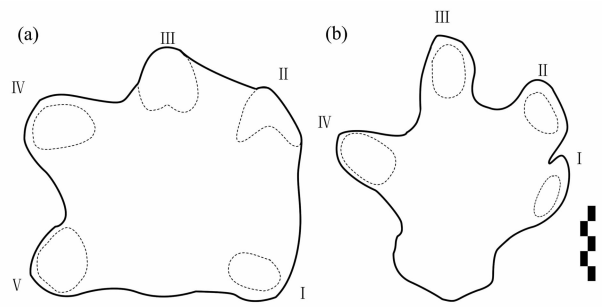


图 4 中国綦江足迹线条图

Fig. 4 The outline drawing of *Qijiangpus sinensis*

(a) 前足迹; (b) 后足迹 (比例尺 10cm)

(a)—Forefoot; (b)—hindfoot. Scale bars=10cm

ichnosp. nov.

(图 5; 图版 I e, f; 图版 II b)

词源: 种名依据化石标本产出的红岩村莲花保寨之“莲花”之拉丁文“lotus”, 当地村民曾将该种恐龙足迹误认为莲花遗迹。

正型标本: 176 个后足迹, 含成年个体与亚成年个体的足迹, 其中部分足迹附带有前足迹, 用编号 + b 表示。第①层标本编号为重庆市綦江县国土资源和房屋管理局地质陈列馆恐龙遗迹化石点 QJGM-T21-1~5, QJGM-T25-1~6, QJGM-T27-1~5; 第②层编号为 QJGM-T30-1~22, QJGM-T31-1~7, QJGM-T32, QJGM-T35, QJGM-T36-0~8, QJGM-T37-1~3, QJGM-T38-1~5, QJGM-T40-1~3, QJGM-T41-1~9, QJGM-T42-1~10, QJGM-T43-1~7, QJGM-T46-1~6, QJGM-T48-1~10, QJGM-T49-0~5, QJGM-T50-1~3, QJGM-T51-1~2, QJGM-T52, QJGM-T53-1~3, QJGM-T54-1~10, QJGM-T58-1~4, QJGM-T59, QJGM-T60-1~2, QJGM-T61-1, QJGM-T62-1~5, QJGM-T63-1~2, QJGM-T64-1~3, QJGM-T71, QJGM-T140-1~6; 第③层编号为 QJGM-T101-1~15; 第④层编号为 QJGM-T100-1~2。其中, QJGM-T37-3 后足迹保存最为完好, 为主要描述依据。中国禄丰恐龙研究中心模型登记号 LDRC-v. 131。QJGM-T41-6 足迹保存有非常清晰的前足迹, 以 QJGM-T41-6b 表示, 为主要描述依据。中国禄丰恐龙研究中心模型登记号 LDRC-v. 132。QJGM-T54-2 足迹为亚成年个体的后足迹, 为主要描述依据。中国禄丰恐龙研究中心模型登记号 LDRC-v. 133。

产地及层位: 重庆綦江, 中白垩统, 夹关组

特征: 大型鸟脚类恐龙足迹, 后足迹的宽度与长

度比率为 0.75;第 II 和第 III 趾之间的夹角约为 25° ;第 III 和第 IV 趾之间的夹角约为 25° ;足迹后部有丘状的跖骨印痕;复步角为 161° ;足长与复步的比为 1:5.65。前足迹位于后足迹第 III、IV 趾间之前;宽度与长度比率为 0.53;第 II 和第 III 指之间的夹角约为 13° ;第 III 和第 IV 指之间的夹角约为 9° ;足迹后部有椭圆状的掌骨印痕;复步角为 141° ;足长与复步的比为 1:12;与相邻的后足迹面积比约为 1:7.3。亚成年个体的后足迹除第 III 趾略长于第 II、IV 趾外,该后足迹与成年个体后足迹完全一致。

标本描述:16 个负型(凹)的后足迹分布于该恐龙足迹群的第①层,应为第②层之幻迹;143 个负型(凹)的后足迹及部分前足迹分布于该恐龙足迹群的第②层;2 个正型(凸)的后足迹分布于该恐龙足迹群的第③层;15 个负型(凹)的后足迹分布于该恐龙足迹群的第④层。本文将第②层作为主要描述依据。第②层足迹尺寸大小不一,总体可分为大型、中型和小型三种足迹(见表 1)。值得指出的是,大型足迹绝大多数都保存有落在 11cm~15cm 的区间的前足迹,中型足迹基本保存有落在 7cm~8cm 的区间的前足迹,小型足迹仅个别保存有落在 3cm~5cm 的区间的前足迹。

表 1 莲花卡利尔足迹(第②层)统计表

Table 1 Statistical of *Caririchnium lotus* (stratum 2)

足迹类型	长度区间(cm)	编号(QJGM-T)	数量(个)
大型	37~40	31,32,35,37,38,41,42,43,50,51,52,59,140	56
中型	25~30	30,48,54,58,60,61,63,64	54
小型	19~23	36,40,46,49,53,62,71	33

编号为 QJGM-T37-1~3 的 3 个足迹为同一行迹上的连续足迹,它们组成一个行迹三角形。其中 QJGM-T37-1 和 QJGM-T37-3 为两个连续的右后足迹,构成一个复步,复步长 2.19m;QJGM-T37-2 为左后足迹,与 QJGM-T37-1 和 QJGM-T37-3 构成两个单步。单步长分别为 1.14m 和 1.08m。测得复步角为 161° 。足长与复步的比为 1:5.65。足迹显示造迹恐龙向南方行走。其中 QJGM-T37-3 最为完好,现描述如下。

后足迹 QJGM-T37-3,三趾型,测量数据见表 2(3)。第 II 趾与第 IV 趾等长,两趾形态基本一致,整体呈椭圆状,前端有较浅之爪痕,爪痕远端呈 U 型。第 III 趾略短于第 II、IV 趾,前端爪痕呈蹄状。第 II、

III 趾之间的夹角等于第 III、IV 趾之间的夹角。三趾几乎等宽。足迹后端有一大型跖骨印痕,整体呈丘状,远端呈 U 型。跖骨印痕最大长度为 19.5cm,最大宽度 14.5cm。

前足迹位于后足迹之前,前后足迹两趾尖平均相距 18cm。编号为 QJGM-T41-1b, QJGM-T41-2b, QJGM-T41-3b1, QJGM-T41-3b2 的 4 个足迹为同一行迹上的连续足迹,它们组成一个行迹三角形。QJGM-T41-1b 和 QJGM-T41-3b1, QJGM-T41-3b2 (QJGM-T41-3b1、QJGM-T41-3b2 相距 0.05m。QJGM-T41-3b1 深 0.03m, QJGM-T41-3b2 深 0.05m,推测为造迹恐龙重心不稳,连踏两脚所致,本文取其位置之中值)为 3 个连续的右前足迹,构成一个复步,复步长 1.65m。QJGM-T41-2b 与 QJGM-T41-1b、QJGM-T41-3b1-2 构成两个单步。单步长分别为 0.89m 和 0.86m。测得复步角为 141° 。足长与复步的比为 1:12。足迹显示造迹恐龙向东南方行走。

前足迹 QJGM-T41-6b,亚三指型,测量数据见表 2(4)。QJGM-T41-6b 位于 QJGM-T41-6 左后足迹第 III、IV 趾间之前。QJGM-T41-6b 与 QJGM-T41-6 的面积比(Area ratio)为 $15 \times 8.40 \times 22 = 1:7.3$ 。第 II 指略长于第 III 指,前端爪痕很浅,整体呈蹄状。第 III 指最短,前端爪痕较浅,远端呈宽敞的 V 型。第 IV 指最长,前端爪痕较浅,远端呈 V 型。第 IV 指末端有一小角度外叉开的印痕,推测是第 V 指的近端。三指形态基本一致,整体呈长椭圆状,第 II、III 指之间的夹角大于第 III、IV 指之间的夹角。第 III、IV 指几乎等宽,第 II 指最宽。指垫皆不发育。足迹后端有一大型掌骨印痕,整体呈椭圆状。

亚成年个体的右后足迹 QJGM-T54-2,三趾型,测量数据见表 2(5)。除了第 III 趾略长于第 II、IV 趾外,该后足迹与成年个体后足迹完全一致。QJGM-T54-2 保存有右前足迹 QJGM-T54-2b,该前足迹右侧有一道长 36 cm \times 4.9 cm 的长条状拖痕(Drag marks),拖痕分为 4 道起伏线,自上而下分别长 0.5 cm、1 cm、1 cm 和 0.4 cm,推测各为前足迹第 II、III、IV、V 指的拖痕。

讨论:由于莲花卡利尔足迹具有前足迹明显小于后足迹,位于后足迹第 III、IV 趾间之前,最大长度(第 III 指指尖到掌骨后缘全长)大于最大宽度(第 II 和第 IV 指指尖的距离),以一定角度偏离行迹中线;后足迹最大长度(第 III 趾趾尖到跖骨后缘全长)大于最大宽度(第 II 和第 IV 趾趾尖的距离),具有发育完

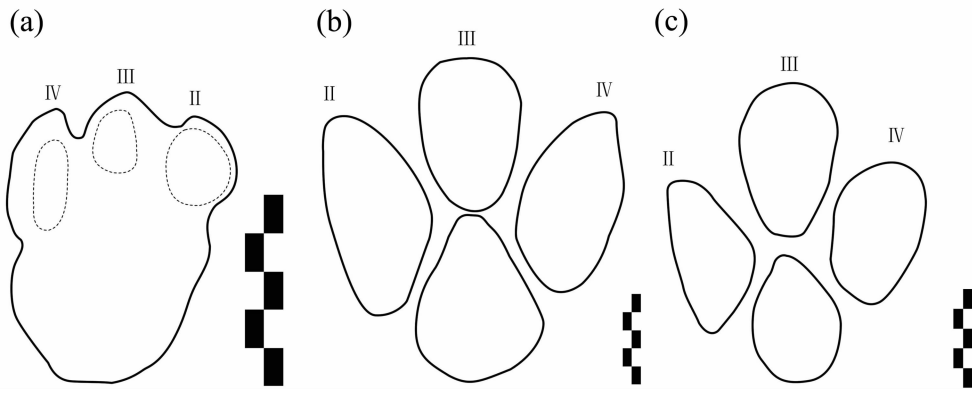


图 5 莲花卡利尔足迹线条图(比例尺 10cm)

Fig. 5 The outline drawing of *Caririchnium lotus*. Scale bars=10cm

(a)一成年前足迹;(b)一成年后足迹;(c)一亚成年后足迹

(a)—Adult forefoot;(b)—adult hindfoot;(c)—sub-adult hindfoot

好的趾垫,无趾间蹼(Interdigital web),趾端有 U 型爪痕,第 II 和第 IV 趾之间的夹角为 50° ,第 II、III 趾之间的夹角等于第 III、IV 趾之间的夹角等特点,故将该足迹归入卡利尔足迹属(Leonardi, 1984; Lockley, 1987; Lee, 1997)。

仅从足迹形态学划分,学界断言这些足迹属于禽龙类或鸭嘴龙类的足迹(Sternberg, 1932; Currie & Sarjeant, 1979; Currie, 1983; Paul, 1987 for *Amblydactylus*; Lockley, 1985、1986、1987 for *Caririchnium*; Lee, 1997 for *Caririchnium*)。而这两类足迹的区别主要在于各自所在地质年代,前者多分布于下白垩统早期,后者多分布于上白垩统。目前,莲花卡利尔足迹所在的夹关组属于跨统的岩石地层单元,本文将其归于鸭嘴龙类。

卡利尔足迹共 4 种,分别是巴西 Rio do Peixe Group 的 *C. magnificum*(Leonardi, 1984);美国科罗拉多州东部 Dakota Group 的 *C. leonardii*(Lockley, 1987);美国德克萨斯州 Woodbine formation 的 *C. protohadrosaurichnos*(Lee, 1997)和 *C. lotus*。卡利尔足迹还发现于美国俄克拉何马州(Lockley, 1992)、新墨西哥州(Hunt & Lucas, 1996; Kappus, 2003)、怀俄明州(Lockley, 2004)和弗吉尼亚州(Weems, 2004);韩国(Huh M et al., 2003)以及日本(Matsukawa et al., 2005)。

其中, *C. magnificum* 前足迹形状不规则,位于后足迹第 III 趾之前,或者是介于第 II、III 趾间之前。*C. leonardii*、*C. protohadrosaurichnos* 和 *C. lotus* 的前足迹都位于后足迹第 III、IV 趾间之前。但 *C. leonardii* 足迹后端的跖骨印痕远端从中点凹

入,第 IV 趾较第 II 趾发育;*C. lotus* 足迹后端的跖骨印痕远端呈 U 型,第 IV 趾与第 II 趾等长,两趾形态基本一致。*C. protohadrosaurichnos* 在四足足迹中,第 II 和第 IV 趾之间的夹角为 56° ,在两足足迹中,第 II 和第 IV 趾之间的夹角为 64° ,且第 II 和第 IV 趾爪尖锐利;*C. lotus* 在四足足迹和两足足迹中,第 II 和第 IV 趾之间的夹角都为 50° ,且第 II 和第 IV 趾爪尖圆钝,爪痕远端呈 U 型。因而本文据此确立一新种以区别于此前的三种卡利尔足迹。

鸟臀目 Ornithischia Seeley, 1888

鸟脚亚目 Ornithopoda Marsh, 1881

老瀛山足迹属(新属) *Laoyingshanpus* ichnogen. nov.

特征:见属型种。

炎热老瀛山足迹(新种) *Laoyingshanpus torridus* ichnosp. nov.

(图 6;图版 I c;图版 II c)

词源:依据化石标本产出地老瀛山(Laoyingshan)的汉语拼音,老瀛山目前为市级自然保护区,面积 3414 公顷。种名为炎热、干枯之拉丁文“*torridus*”。

正型标本:3 个正型(凸)的连续后足迹分布于该恐龙足迹群的第①层,标本编号为重庆市綦江县国土资源和房屋管理局地质陈列馆恐龙遗迹化石点 QJGM-T14-1~3,其中 QJGM-T14-1 足迹保存最为完好,为主要描述依据。

产地及层位:重庆綦江,中白垩统,夹关组

特征:一中型鸟脚类恐龙足迹,足迹的宽度与长度比率为 1.01;第 II 和第 III 趾之间的夹角约为 32° ;

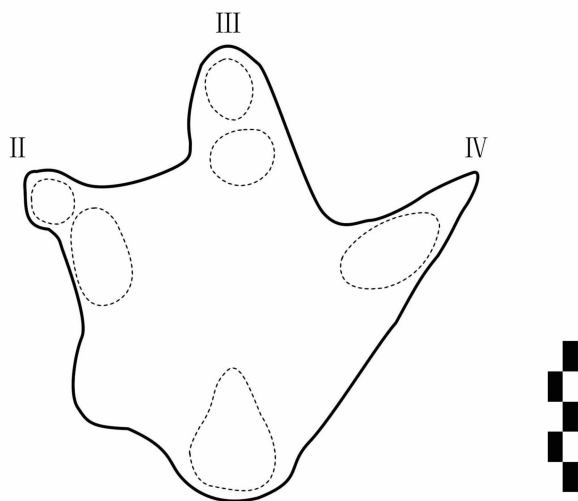


图6 炎热老瀛山足迹线条图(比例尺 10cm)
Fig. 6 The outline drawing of *Laoyingshanpus torridus*. Scale bars 10cm

第Ⅲ和第Ⅳ趾之间的夹角约为 38° ;足迹后部有水滴状的跖骨印痕;复步角为 104° ;足长与复步的比为 $1:2.86$;无前足迹及尾痕。

标本描述:3个足迹分布于该恐龙足迹群的第①层。编号为QJGM-T14-1, QJGM-T14-2, QJGM-T14-3的3个足迹为同一行迹上的连续足迹,它们组成一个行迹三角形。其中QJGM-T14-1和QJGM-T14-2为两个连续的右后足迹,构成一个复步,复步长 0.91m ;QJGM-T14-3为左后足迹,与QJGM-T14-1和QJGM-T14-2构成两个单步。单步长分别为 0.55m 和 0.6m 。测得复步角为 104° 。足迹显示造迹恐龙向北方行走。其中QJGM-T14-2较模糊,QJGM-T14-3只保存了弱印痕。QJGM-T14-1最为完好,现描述如下。

三趾型,测量数据见表2(6)。足长与复步的比为 $1:2.86$ 。第Ⅱ趾最短,前端爪痕深刻。2个趾垫发育,垫间缝模糊。后端有一较弱的,外凸的跖趾垫。第Ⅲ趾与第Ⅱ趾几乎等长,整体宽于Ⅱ、Ⅳ趾。前端爪痕深。保存有2个趾垫,垫间缝清晰。第Ⅳ趾最长,前端有一整体趾垫。第Ⅱ、Ⅲ趾之间的夹角略小于第Ⅲ、Ⅳ趾之间的夹角。足迹后端跖骨印痕明显,整体呈水滴状。

讨论:炎热老瀛山足迹具有最大宽度(第Ⅱ和第Ⅳ趾趾尖的距离)与最大长度(第Ⅲ趾趾尖到跖骨后缘全长)几近相等,其宽长之比为 $31.8/31.6=1.01$;第Ⅱ和第Ⅳ趾之间的夹角为 70° ;每个趾迹较宽,整个足迹呈山字型;第Ⅲ趾最为粗壮等特征,本

文将其归入鸟脚亚目(Thulborn,1990)。

在已知的鸟脚亚目足迹中,老瀛山足迹与 *Anomoepus* (Hitchcock, 1848)、*Moyenisauropus* (Ellenberger, 1974)(有学者认为 *Moyenisauropus* 为 *Anomoepus* 之同物异名, Olsen & Rainforth, 2003; Irmis, 2005) 和 *Jialingpus* (Zhen et al., 1983) 比较接近,因此这里仅对新属与此三属之间的异同做简要的对比。*Anomoepus* 和 *Moyenisauropus* 多具有四趾,且常有四、五指的前足迹出现,老瀛山足迹三趾型,无前足迹;*Anomoepus* 和 *Moyenisauropus* 的趾远端有爪垫,老瀛山足迹无此特征;*Anomoepus* 和 *Moyenisauropus* 常具有长条状的跖骨印痕,老瀛山足迹的跖骨印痕小且呈水滴状。老瀛山足迹与 *Jialingpus* 之间的区别主要在于:*Jialingpus* 近端3个跖趾垫呈三角形分布,老瀛山足迹无此特征;老瀛山足迹趾间角Ⅱ 32° Ⅲ 38° Ⅳ大于 *Jialingpus* 趾间角Ⅱ 20° Ⅲ 24° Ⅳ;老瀛山足迹宽长比(1.01)大于 *Jialingpus* 宽长比(0.54)。

蜥臀目 Saurischia Seeley, 1888

兽脚亚目 Theropoda Marsh, 1881

虚骨龙次亚目 Coelurosauria Huene, 1914

舞足迹(新属) *Wupus* ichnogen. nov.

特征:见属型种。

敏捷舞足迹(新种) *Wupus agilis* ichnosp. nov.

(图7;图版Ⅰd;图版Ⅱd)

词源:种名为舞(dance)之拼音“Wu”,源于该片足迹数量众多,且分布较乱,恰似舞会;种名为敏捷之拉丁文“*agilis*”。

正型标本:141个负型(凹)的后足迹分布于该恐龙足迹群的第①层,标本编号为重庆市綦江县国土资源和房屋管理局地质陈列馆恐龙遗迹化石点QJGM-T4-1~38, QJGM-T13-1~29, QJGM-T16-1~13, QJGM-T17, QJGM-T20-1~11, QJGM-T24-1~3, QJGM-T26-1~34, QJGM-T29-1~12。其中QJGM-T4-4足迹保存最为完好,为主要描述依据。中国禄丰恐龙研究中心模型登记号LDRC-v. 130。

产地及层位:重庆綦江,中白垩统,夹关组

特征:一小型兽脚类恐龙足迹,足迹的宽度与长度比率为1.14;第Ⅱ和第Ⅲ趾之间的夹角约为 45° ;第Ⅲ和第Ⅳ趾之间的夹角约为 50° ;足迹后部有微弱的跖骨印痕;复步角为 180° ;足长与复步的比为 $1:3.62$;无前足迹及尾痕。

标本描述:141个几乎完整的足迹分布于该恐

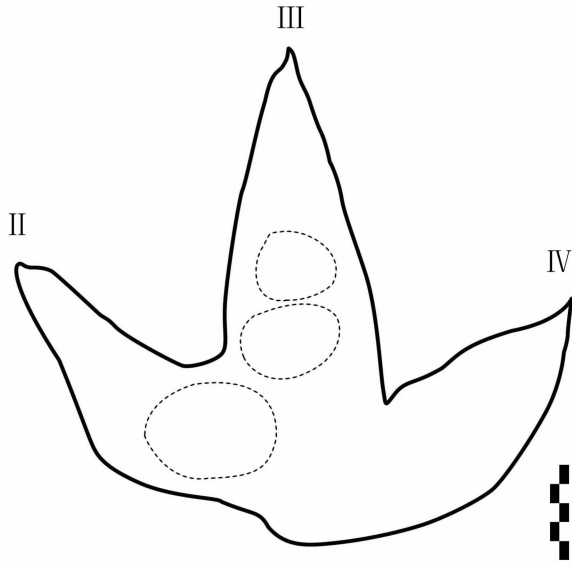


图 7 敏捷舞足迹线条图(比例尺 2cm)

Fig. 7 The outline drawing of *Wupus agilis*

Scale bars=2cm

龙足迹群的第①层,多数朝北西方向行进。足迹尺寸大小不一,长度从 9cm~19cm 不等,但多数落在 9cm~13cm 的区间。足迹基本形态均相似,趾间角度略有变化,多落于 II 45° III 50° IV 之区间。

编号为 QJGM-T4-4, QJGM-T4-37, QJGM-T4-38 的 3 个足迹为同一行迹上的连续足迹。其中 QJGM-T4-4 和 QJGM-T4-38 为两个连续的右后足迹,构成一个复步,复步长 0.38m; QJGM-T4-37 为左后足迹,与 QJGM-T4-4 和 QJGM-T4-38 构成两个单步。单步长分别为 0.2m 和 0.18m。复步角为 180°。足迹显示造迹恐龙向西北方向行走。其中 QJGM-T4-4 最为完好,现描述如下。

三趾型,测量数据见表 2(7)。足长与复步的比为 1:3.62。第 II 趾最短,后端有一发育的跖趾垫。第 III 趾最长,宽于 II、IV 趾,保存有 2 个趾垫,垫间缝不甚明显,第 III 趾趾尖的爪痕指向外侧。第 IV 趾较短,后端保存有 1 个不甚明显的趾垫。第 II、III 趾之间的夹角略小于第 III、IV 趾之间的夹角。足迹后端有微弱的跖骨印痕。其它足迹的跖骨印痕普遍短小,唯 QJGM-T16-1 足迹保存了长约 4.5cm 的跖骨印痕。

讨论:敏捷舞足迹最大宽度(第 II 和第 IV 趾趾尖的距离)略大于最大长度(第 III 趾趾尖到跖骨后缘全长),其宽长之比为 $12/10.5=1.14$ 。足迹最大长度为 10.5cm。第 II 和第 III 趾之间的夹角约为 45°;第 III 和第 IV 趾之间的夹角约为 50°。第 II 趾长 4cm,第

III 趾长 7.1cm、第 IV 趾长 4.4cm,趾尖尖锐。以上基本符合 Thulborn(1990)关于虚骨龙类的特征:足迹长度一般会长于 20cm,足迹最大长度一般大于最大宽度,II 与 III 趾之间和 III 与 IV 趾之间的夹角近乎相等,两侧趾(第 II、IV 趾)近乎等长并短于第 III 趾,趾尖较为尖锐。唯一不符合的是敏捷舞足迹的最大长度略小于最大宽度,但虚骨龙类中的少数足迹也存在最大长度略小于最大宽度的宽阔类型(Thulborn 1990, P. 156, Fig. 6.9)。因此,本文将敏捷舞足迹归入虚骨龙类足迹。

我国虚骨龙类足迹化石发现于侏罗系(Yabe et al., 1940; Zhen et al., 1986; Young, 1966; Young et al., 1987; Lü et al., 2007)和白垩系(Zhen et al., 1995; Li et al., 2000; Li et al., 2006; Azuma et al., 2006)的地层中。这些足迹基本皆为最大长度大于最大宽度,趾间紧凑的品种,其中仅 *Shensipus* (Young, 1966)与舞足迹较为接近。舞足迹与 *Shensipus* 之间的区别主要在于:舞足迹各趾较宽, *Shensipus* 各趾细长;舞足迹趾间角 II 45° III 50° IV 大于 *Shensipus* 趾间角 II 32° III 58° IV;舞足迹宽长比(1.14)大于 *Shensipus* 宽长比(1.03)。

3 行为学

恐龙足迹能提供诸多骨骼化石无法证实的信息,如恐龙运动速度就只能从足迹中获取。Alexander (1976)根据现生哺乳类足迹的研究得到一计算恐龙运动速度的公式: $V=0.25 \times g^{0.5} \times SL^{1.67} \times h^{-1.17}$ 。V 为运动速度(m/s);g 为重力加速度, ≈ 9.8 m/s; SL 为复步长(m);h 为臀高(m)。Thulborn(1990)认为 Alexander 的公式仅适用于慢行($SL/h < 2.0$, SL/h 即复步长与臀高的比值,称相对复步长)状态,而对于小跑($2.0 < SL/h < 2.9$),奔跑($SL/h > 2.9$)则不适用,故提出: $V=[gh(SL/1.8h)^{2.56}]^{0.5}$ 。

不同的恐龙足迹有不同的臀高系数(Conversion Factor), Thulborn(1990)提出足长小于 0.25m 的小型兽脚类为 4.5,小型鸟脚类为 4.8,普通小型两足恐龙为 4.6;足长大于 0.25m 的大型兽脚类为 4.9,大型鸟脚类为 5.9,普通大型两足恐龙为 5.7。甲龙类为 $3.7 \times$ 步宽(FW)。

本文采用 Alexander 和 Thulborn 两种公式,并取其平均值(表 3),发现綦江恐龙足迹群造迹恐龙当时的行走速度皆处于慢行状态。

在特定的遗迹类群中,恐龙足迹的大小可以反映恐龙个体的大小和相对年龄(Lockley, 1994)。从

足迹可推断造迹恐龙的臀高,臀高则可推测造迹恐龙的大致身长。由已发现的兽脚类和鸟脚类恐龙化石推断,其臀高与体长之比大约在1:3。由此可推得敏捷舞足迹的造迹恐龙长约1.4m,炎热老瀛山足迹的造迹恐龙长约5.6m,莲花卡利尔足迹的造迹恐龙大型个体长约6.5~7.1m,中型个体长约4.4~5.3m,小型个体长约2.7~3.3m。由已发现的甲龙类恐龙化石推断,其臀高与体长之比约为1:4。由此可推得中国綦江足迹的造迹恐龙长约4.4m。

莲花卡利尔足迹分大型、中型和小型三种类型,其中的大型足迹非常接近鸭嘴龙类足迹40~50cm的传统大小(Thulborn, 1990),推测为成年个体(Adult)所造迹。而中型和小型则对应的推测为亚成年第II阶段(Sub-adult II)和亚成年个体第I阶

段(Sub-adult I)。由此推断,当鸭嘴龙类发育至4m的亚成年个体,可能出现其行走模式的分水岭:体长大于4m的亚成年个体通常用四足行走,而体长小于4m的亚成年个体通常用后足行走。

4 结论

綦江恐龙足迹群对于研究该地区在白垩纪时期古生态学有着重要意义。中国綦江足迹、莲花卡利尔足迹、炎热老瀛山足迹和敏捷舞足迹为该地区发现相关造迹恐龙化石提供了依据。而且,其中的中国綦江足迹还是中国首次发现甲龙亚目的足迹。综合峨嵋山市川主乡夹关组发现的4种的恐龙足迹和1种水生鸟足迹(Zhen et al., 1995),表明夹关组存在一个物种相当丰富的恐龙动物群,至少包括了鸟

表2 中国綦江足迹、莲花卡利尔足迹、炎热老瀛山足迹和敏捷舞足迹测量数据表(cm)

Table 2 Measurements of *Qijiangpus sinensis*, *Caririchnium lotus*, *Laoyingshanpus torridus* and *Wupus agilis* (cm)

测量要素	1	2	3	4	5	6	7
最大长度(第III趾趾尖到跖骨后缘全长)	32.8	34.5	38.7	15	27.8	31.8	10.5
最大宽度(第I和第IV趾趾尖的距离)	—	30.2	—	—	—	—	—
最大宽度(第I和第V趾趾尖的距离)	29.7	—	—	—	—	—	—
最大宽度(第II和第IV趾趾尖的距离)	—	—	28.5	8	21.5	31.6	12
第I趾长度	7.3	6.4	—	—	—	—	—
第II趾长度	7.8	7.3	20	5	14.5	11.2	4
第III趾长度	8.8	9.6	17	4	14.8	11.4	7.1
第IV趾长度	7	11.1	20	7.2	14.5	12.2	4.4
第V趾长度	10.8	—	—	—	—	—	—
第I和第II趾之间的夹角	65°	38°	—	—	—	—	—
第II和第III趾之间的夹角	28°	36°	25°	13°	25°	32°	45°
第III和第IV趾之间的夹角	31°	43°	25°	9°	25°	38°	50°
第IV和第V趾之间的夹角	43°	—	—	—	—	—	—
第I和第IV趾之间的夹角	—	117°	—	—	—	—	—
第I和第V趾之间的夹角	167°	—	—	—	—	—	—
第II和第IV趾之间的夹角	—	—	50°	22°	50°	70°	95°

1—*Qijiangpus sinensis* (QJGM-T3-1); 2—*Qijiangpus sinensis* (QJGM-T2-1); 3—*Caririchnium lotus* (QJGM-T37-3); 4—*Caririchnium lotus* (QJGM-T41-6b); 5—*Caririchnium lotus* (QJGM-T54-2); 6—*Laoyingshanpus torridus* (QJGM-T14-1); 7—*Wupus agilis* (QJGM-T4-4).

表3 恐龙足迹运动速度数据表(m/s)

Table 3 The velocity of the dinosaur movement on the basis of footprints(m/s)

足迹属种	连续足迹(QJGM-T)	相对复步长	Alexander	Thulborn	均值	状态
<i>Qijiangpus sinensis</i>	3-3, 3-1, 2-2	1.58	1.76	2.78	2.27	小跑
<i>Caririchnium lotus</i>	37-1~3(大型)	0.96	1.1	2.11	1.61	慢行
	41-1~9(大型)	0.7	0.66	1.43	1.05	慢行
	43-1~7(大型)	0.61	0.54	1.24	0.89	慢行
	140-1~6(大型)	0.82	0.81	1.65	1.23	慢行
	54-1~10(中型)	0.78	0.67	1.38	1.02	慢行
	36-0~8(小型)	0.87	0.74	1.48	1.11	慢行
	49-0~5(小型)	0.82	0.67	1.37	1.02	慢行
<i>Laoyingshanpus torridus</i>	14-1~3	0.49	0.32	0.8	0.56	慢行
<i>Wupus agilis</i>	4-4, 4-37~38	0.8	0.37	0.77	0.57	慢行

脚类、兽脚类、甲龙类和古鸟类。这为将来在该地区白垩系地层中发现相关恐龙与古鸟的骨骼化石提供了确凿的依据。

綦江恐龙足迹群的发现,对夹关组地质年代的归属亦有帮助。与莲花卡利尔足迹同属的 *C. magnificum* 发现于下白垩统 Berriasian—Lower Barremian, *C. leonardii* 属于下白垩统 Late Albian, *C. protohadrosaurichnos* 属于上白垩统 Cenomanian, 表明卡利尔足迹的分布倾向于下白垩统的最晚期—上白垩统的早期,即中白垩统。甲龙出现于下侏罗统,繁盛并灭绝于上白垩统。上白垩统的甲龙化石类发现于北美,西欧和东亚地区 (Coombs, 1990; Carpenter, 1999; Ford, 2000)。其中,我国上白垩统甲龙类化石主要发现于辽宁省北票 (Dong, 2002), 内蒙古自治区包音满达呼 (Gilmore, 1933; Young, 1935; Godefroit et al., 1999)、吉兰泰 (Vickaryous et al., 2001), 山西省天镇上白垩统 (Pang et Cheng, 1998), 河南省汝阳上白垩统 (Xu et al., 2007) 及浙江省丽水上白垩统 (Lü et al., 2007)。其中辽宁省北票、河南省汝阳及浙江省丽水的甲龙化石皆发现于上白垩统早期。而在形态上与中国綦江足迹接近的 *Tetrapodosaurus* 发现于下白垩统 Aptian—Albian。可见中国綦江足迹在夹关组的发现,支持了夹关组属于下白垩统的最晚期—上白垩统的早期,即中白垩统的结论。

綦江恐龙足迹群新发现大量鸟脚类足迹,一定程度上弥补了我国多年来兽脚类、蜥脚类足迹较多,鸟脚类足迹较少 (Zhen, 1996) 的局面。其中莲花卡利尔足迹显示了其造迹恐龙有着高度的社会性,提出当鸭嘴龙类发育至 4m 的亚成年个体,可能出现其行走模式的分水岭,从后足行走开始转为四足行走。

目前,綦江恐龙足迹群正在进行进一步研究,相信随着研究的深入,能揭露出更多造迹恐龙的生活习性、古地理、古环境和埋藏环境等信息。

致谢:北京自然博物馆古生物研究室李建军研究员、中国地质科学院地质研究所吕君昌博士、中国科学院古脊椎动物与古人类研究所董枝明研究员审阅本论文并提出宝贵意见;红岩村的刘照同等村民在野外工作期间提供帮助;Martin Lockley、东洋一、尤海鲁、柴田正辉、吴文昊提供部分参考资料;赵闯绘制相关线条图与复原图,陈璐璐、朱炜协助工作,在此一并表示衷心的感谢。

注 释

- ① 夹关组 (Jiaguan Formation): 四川省地质局大渡河队 (1955) 建于四川省邛崃县西南 25 公里处夹关镇观音崖 (未刊), 四川第二区测队 (1976) 在 1:20 万《邛崃幅》中正式使用。Zhen (1995, 1996) 文中的嘉关组为误。Lockley & Matsukawa (1998) 文中的 Jiaguan Formation 亦为误。

参 考 文 献

- 苟宗海. 1998. 四川雅安—宝兴地区的侏罗—白垩系. 中国区域地质, 17(2): 124~131.
- 苟宗海, 赵兵. 2001. 四川大邑—崇州地区的白垩、第三系. 地层学杂志, 25(1): 28~33, 62.
- 李日辉, 张光威. 2000. 莱阳盆地莱阳群恐龙足迹化石的新发现. 地质论评, 46(6): 605~610.
- 李玉文, 王小红, 高雅蓉. 1983. 四川嘉定群介形类及其时代. 中国地质科学院院报, 第 6 号: 107~124.
- 李元林. 1995. 大溪砾岩及其时代归属. 成都理工学院学报, 22(2): 11~14.
- 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. 古生物学报, 45(2): 221~234.
- 郝治纯, 苏德英, 余静贤, 等. 1986. 中国的白垩系 (中国地层 12). 北京: 地质出版社.
- 郝治纯, 苏德英, 余静贤, 等. 2000. 中国地层典—白垩系. 北京: 地质出版社.
- 吕君昌, 张兴辽, 贾松海, 等. 2007. 河南省义马县中侏罗统义马组兽脚类恐龙足印化石的发现及其意义. 地质学报, 81(4): 439~444.
- 徐莉, 吕君昌, 张兴辽, 等. 2007. 河南汝阳白垩纪一新的结节龙类恐龙化石. 地质学报, 81(4): 433~438.
- 甄嗣南, 李建军, 甄百鸣, 等. 1983. 四川岳池恐龙足迹的研究. 北京自然博物馆研究报告, 25: 1~19.
- 甄嗣南, 李建军, 张宝坤, 等. 1995. 四川峨嵋下白垩统的恐龙及鸟类足迹研究. 北京自然博物馆研究报告, 54: 108~120.
- 甄嗣南, 李建军, 韩兆宽, 杨兴隆. 1996. 中国恐龙足迹研究. 成都: 四川科技出版社, 1~110.
- Azuma Y et al. 2006. Dinosaur footprints from the Lower Cretaceous of Inner Mongolia, China. Memoir of the Fukui Prefectural Dinosaur Museum, 5: 1~14.
- Sternberg C M. 1932. Dinosaur tracks from Peace River, British Columbia. National Museum of Canada Bulletin 68: 59~85.
- Ellenberger P. 1974. Contribution à la classification des pistes de Vertébrés du Trias; Les types du Stormberg d'Afrique du Sud (IIème Partie: Le Stormberg Supérieur-I. Le Biome de la zone B/1 ou niveau de Moyeni; ses biocénoses). Palaeovertebrata, Memoire Extraordinaire, Montpellier, 143.
- Hao Y C, Guan S Z. 1984. The lower-upper Cretaceous and Cretaceous-Tertiary boundaries in China. Bull. Geol. Sci. Denmark, 33: 129~138.
- Hitchcock E. 1848. An attempt to discriminate and describe the animals that made the fossil footmarks of the United States, and especially of New England; Memoirs of the American Academy of Arts and Sciences, 3: 129~256.
- Hunt A P, Lucas S G. 1996. A reevaluation of the vertebrate

- Ichnofauna of the Mesa Rica Sandstone and Pajarito Formations (Lower Cretaceous; Late Albian), Clayton Lake State Park, New Mexico (abs.): *New Mexico Geology*, 18(2): 57.
- Huh M et al. 2003. Dinosaur tracks from the Cretaceous of South Korea: Distribution, occurrences and paleobiological significance. *The Island Arc* 12, 132~144.
- Kappus E et al. 2003. Dinosaur Footprints from the Lower Cretaceous Sarten Member of the Mojado Formation at Cerro de Cristo Rey, Dona Ana County, New Mexico. *Ichnos*, 10(2~4): 263~267.
- Lee Y N. 1997. Bird and dinosaur footprints in the Woodbine Formation (Cenomanian), Texas. *Cretaceous Research* 18:849~864.
- Le Loeuff et al. 1998. Earliest tracks of Liassic Basal Thyreophorans. *Journal of Vertebrate Paleontology* 18 (3, Suppl.): 58~59.
- Leonardi G. 1984. Le impronte fossili di dinosauri. In Bonaparte, J. F. et al. (eds.), *Sulle Orme de Dinosauri (Venezia; Erizzo)* 333.
- Lockley M G. 1987. Dinosaur footprints from the Dakota Group of eastern Colorado. *The Mountain Geologist* 24(4):107~122.
- Lockley M G et al. 1992. The Track Record of Mesozoic Birds: Evidence and Implications, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 336: 113~134.
- Lockley M G et al. 1992. The Dinosaur Freeway: a Preliminary Report on the Cretaceous Megatracksite, Dakota Group, Rocky Mountain Front Range and Highplains; Colorado, Oklahoma and New Mexico. Pp. 39~54, in Flores, R. (ed.), *Mesozoic of the Western Interior, SEPM Midyear Meeting Fieldtrip Guidebook*, 87.
- Lockley M G. 1994. Dinosaur Ontogeny and Population Structure; Interpretations and Speculations Based on Footprints, 347~365, in Carpenter K., Hirsch K., and Horner J. (eds.), *Dinosaur Eggs and Babies*, Cambridge University Press.
- Lockley M G, Matsukawa M. 1998. Lower Cretaceous vertebrate tracksites of East Asia. p. 135~142 in Lucas S G., Kirkland J I. and Estep J W. (eds.) *Lower and Middle Cretaceous Terrestrial Ecosystems*. New Mexico Museum of Natural History and Science. Bulletin 14:330.
- Lockley M G et al. 2004. A diverse dinosaur-bird footprint assemblage from the Lance Formation, Upper Cretaceous, Eastern Wyoming; Implications for ichnotaxonomy. *Ichnos*, 11 (3~4): 229~249.
- Lü J C et al. 2007. New Nodosaurid Dinosaur from the Late Cretaceous of Lishui, Zhejiang Province, China. *Acta Geologica Sinica (English edition)*, 81 (3): 344~350.
- Matsukawa M et al. 2005. Review of Japanese Dinosaur Track Localities: Implications for Ichnotaxonomy, Paleogeography and Stratigraphic Correlation. *Ichnos* 12(3):201~222.
- McCrea R T et al. 2001. Global distribution of purported track occurrences, pp. 413~454. In K. Carpenter (ed.), *The armored dinosaurs*. Bloomington and Indianapolis; Indiana University Press.
- Thulborn R A. 1990. *Dinosaur Tracks*. London: Chapman, Hall, 1~410.
- Weems R E. 2004. A new dinosaur ichnotaxa on from the Lower Cretaceous Patuxent Formation of Maryland and Virginia. *Geological Society of America Abstracts with Programs* 36(2): 116.
- Zhen S N et al. 1987. Bird and dinosaur footprints from the Lower Cretaceous of Emei County, Sichuan. Abstracts, First International Symposium on Nonmarine Cretaceous Correlations, 37~38.

The Discovery of Dinosaur Footprints from the Middle Cretaceous Jiaguan Formation of Qijiang County, Chongqing City

XING Lida^{1,2)}, WANG Fengping³⁾, PAN Shigang⁴⁾, CHEN Wei⁵⁾

1) *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037*; 2) *Lufeng Dinosaur Research Center, Yunnan, 651200*; 3) *Qijiang County Bureau of Land and Resources, Chongqing, 401420*; 4) *Lufeng Dinosaur Museum, Yunnan, 651200*; 5) *Chongqing Nature Museum, 400013*

Abstract

The dinosaur footprints from the Jiaguan Formation, Middle Cretaceous of Qijiang, Chongqing, are described. Some new ichnotaxa, *Qijiangpus sinensis* ichnogen. et ichnosp. nov. of Ankylosauria, *Wupus agilis* ichnogen. et ichnosp. nov. of Theropoda, *Laoyingshanpus torridus* ichnogen. et ichnosp. nov. and *Caririchnium lotus* ichnosp. nov. of Ornithopoda are erected. Among them, *Qijiangpus sinensis* ichnogen. et ichnosp. nov. is the first-recorded trace fossil of Ankylosauria from China. *Caririchnium lotus* ichnosp. nov. provides the evidence of the ontogenic development of Hadrosauroidea.

Key words: Qijiang County; Jiaguan Formation; Middle Cretaceous; Ankylosauria; Ornithopoda; Theropoda