



中国北京恐龙足迹的首次记录

张建平^①, 邢立达^{②*}, GIERLIŃSKI Gerard D.^{③④}, 武法东^①, 田明中^①, CURRIE Philip^②

① 中国地质大学地质公园(地质遗迹)调查评价研究中心, 北京 100083;

② Department of Biological Sciences, University of Alberta, Edmonton, Alberta T6G 2E9, Canada;

③ JuraPark, Ostrowiec Świętokrzyski 27-400, Poland;

④ Polish Geological Institute, Warszawa 00-975, Poland

* 联系人, E-mail: xinglida@gmail.com

2011-10-29 收稿, 2011-11-21 接受

北京市延庆县人民政府“延庆地质公园地质遗迹调查”项目资助

摘要 北京市延庆县在筹报世界地质公园的地质遗迹野外调查中, 在延庆硅化木国家地质公园核心区晚侏罗世-早白垩世土城子组地层发现的大批恐龙足迹, 初步研究表明这批标本可归属于覆盾甲龙类(cf. *Deltapodus* isp.)、兽脚类、鸟脚类及疑似蜥脚类恐龙足迹。其中大量的覆盾甲龙类足迹表明, 早在晚侏罗世, 冀北-辽西地区就活动着覆盾甲龙类, 它们承接了辽宁朝阳下白垩统义县组发现的甲龙类化石。而罕见的, 极高速奔跑的兽脚类恐龙足迹揭示了独特的古行为学。延庆发现的恐龙足迹群不但是北京地区首次发现恐龙存活过的证据, 而且极大丰富了土城子组的恐龙类群, 为承接其后的热河动物群提供了绝好的演化样本。

关键词

覆盾甲龙类足迹
兽脚类足迹
鸟脚类足迹
土城子组
晚侏罗世-早白垩世
北京

近 30 年来, 随着世界范围内的恐龙足迹的大规模发现和多手段的细致研究, 恐龙足迹学在古生物诸学科上的重要性已日益显著^[1,2]。在某些极少留存恐龙化石的地点与层位, 恐龙足迹化石无疑成为恢复其古生态、古环境和古地理的重要证据。冀北-辽西地区广泛分布的晚侏罗世-早白垩世^[3]土城子组(该组在冀北原称为后城组)保存的大量恐龙足迹化石便是该观点最有力的诠释。

土城子组之上为举世闻名的白垩纪热河生物群(张家口组、大北沟组、义县组和九佛堂组), 以带羽毛恐龙、原始鸟类、早期哺乳动物和早期被子植物的大量发现不断撼动着古生物学界。遗憾的是, 热河生物群之下的土城子组却一直罕有古脊椎动物化石的发现, 目前仅发现了 1 例蜥脚类^[4], 以及 2 例原始角龙类——朝阳龙(*Chaoyangsaurus*)^[5]和宣化角龙(*Xuanhuaceratops*)^[6]。

但是, 自 1940 年始, Yabe 等人^[7]描述了辽宁朝阳

羊山 4000 多个 *Grallator*, 诸多学者已在该组地层陆续发现了至少 9 个足迹化石点^[8-11], 描述了大批恐龙足迹, 包括了兽脚类的 *Grallator* morphotype^[7,8,10,11-15], *Therangospodus* isp.^[11], *Megalosauripus* isp.^[11] 和 *Menglongipus*^[16]; 其中还包括了罕见的兽脚类游泳迹^[11]和蹲伏迹^[17]; 此外还包括古鸟类足迹的 *Pullornipes*^[18]。可见, 这个繁盛的恐龙-鸟类足迹群在很大程度上弥补了土城子组缺乏脊椎动物化石的遗憾。

然而, 土城子组的恐龙足迹目前突显单调。该地区发现了数千个恐龙足迹全部为兽脚类恐龙所留下, 尚未发现其他恐龙类足迹属种。而此次北京市延庆县在为筹报世界地质公园而做的地质遗迹野外调查中, 本文作者在千家店镇延庆硅化木国家地质公园核心区土城子组第三段地层中发现了大批恐龙足迹(图 1)。初步研究表明这批恐龙足迹可归属于覆盾甲龙类、兽脚类、鸟脚类及疑似蜥脚类恐龙。本次发现

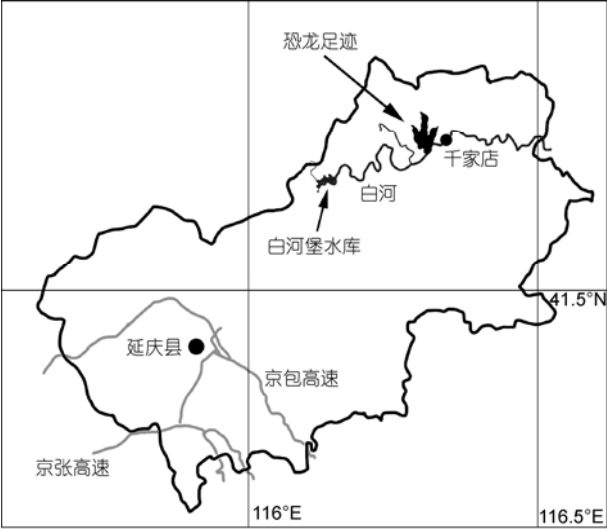


图 1 延庆恐龙足迹产出位置

极大地丰富了这一时期恐龙的种类，对分析晚侏罗世-早白垩世华北地区恐龙动物群的构成和习性有重大的科学价值。

1 化石产出层位与分布

1.1 地质背景

延庆地处华北平原与内蒙古高原的过渡地带，位于燕山沉降带西端——延怀盆地东部^[19]。在距今约 2 亿年前，因燕山运动影响，延庆地质公园和整个华北地区的地壳活动极其强烈。在此期间，延庆地质公园内形成了 3 个呈北东南西向展布的火山构造盆地：东部的四海盆地沉积了巨厚的由火山喷发形成的火山岩为主夹由河湖沉积形成的陆相沉积岩地层，中部的千家店盆地和西部的白河堡盆地则沉积了巨厚的河湖相沉积岩夹少量的由火山喷发形成的火山碎屑岩地层¹⁾。

千家店盆地的晚侏罗世-早白垩世土城子组发育完整，可分为 4 段¹⁾(图 2)，第 1~3 段属上侏罗统，第 4 段属下白垩统。第 1 段与前寒武纪浅海相碳酸盐岩呈不整合接触，主要以厚层的底砾岩为特征，砾石主要成分下伏前寒武纪的碳酸盐岩，角砾状，分选性和磨圆度较差，无生物化石；第 2 段以紫红色粉砂岩夹砾岩为主，完好保存的众多松柏类硅化木化石，如 *Xenoxylon latiporosum*^[20]，*Scotoxylon yanqingense*^[21]；

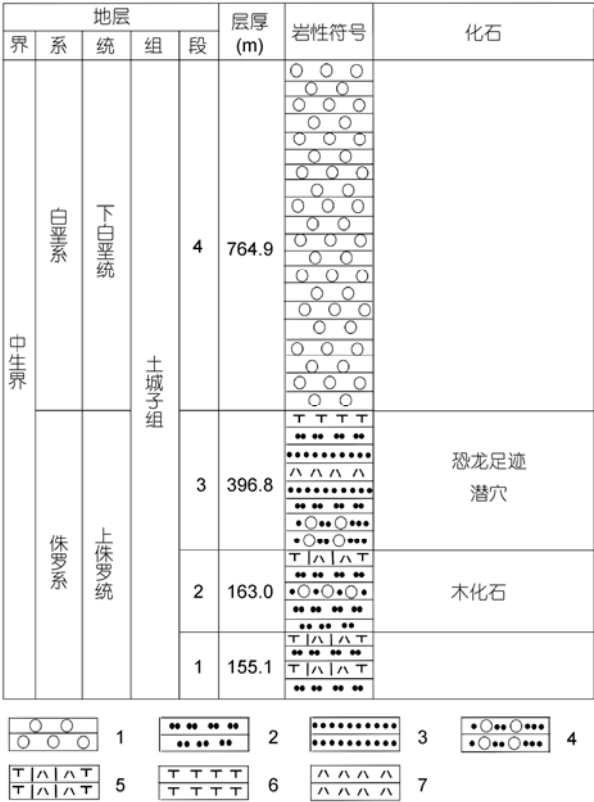


图 2 延庆县土城子组地层柱状图

1，砾岩；2，粉砂岩；3，细砂岩；4，含砾砂岩；5，粗面质凝灰岩；6，粗面岩；7，凝灰岩

第 3 段以紫红色细砂岩和粉砂岩为主，夹数层粉色粗面岩(喷发岩)，含大量恐龙足迹，无脊椎动物潜穴等化石，泥裂和波痕发育，紧邻的火山岩年龄为 1.5~1.6 亿年；第 4 段以紫灰色砾岩为主，夹少量紫红色粗砂岩。

1.2 化石点分布

延庆恐龙足迹化石点目前发现了至少 3 处，并有另外 3 处存疑。其中首次发现为化石点 I，位于 S309 线延庆段路侧，由修路移走土石方而暴露出来。化石点 I 又因足迹赋存于不同岩层与位置而分为“下部”与“上部”两部分，本文将分别称之为 ID(下部)与 IU(上部)，下部的层位低于上部。化石点 ID 目前暴露出足迹为 30 个(图 3(a))，清晰的行迹 2 条(图 3(b))，超过半数的足迹为幻迹(上一层岩石所留恐龙足迹在本层岩石上留存的压痕)，层面还可见发育的无脊椎动物

1) 北京市地质矿产局地质研究所. 北京市区域地质调查说明书(靳家堡幅). 1998. (内部刊物)

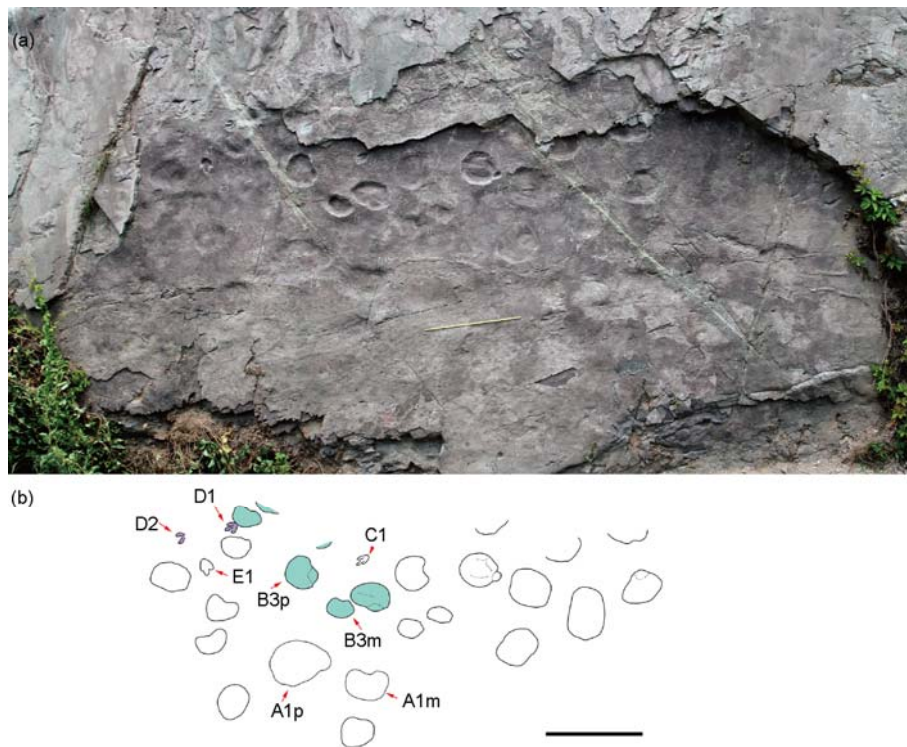


图 3 化石点 ID (下部)的照片(a)及足迹轮廓图(b)

比例尺示 1 m. 不同颜色指出目前所能判断出来的行迹. 文中提及的标本都注明了在化石点的所在位置, 标本号前缀为 YQS1D

的潜穴, 泥裂和波痕; 化石点 IU 暴露的足迹至少达到 100 余个(图 4), 行迹约 6~7 条, 层面可见发育的泥裂与波痕, 但因该点陡峭, 距离地面数十米, 难以抵近观察, 有待进一步调研, 本文暂不做具体描述; 化石点 II 目前暴露出足迹为 15 个(图 5), 行迹不清. 其他 3 处化石点基本由风化较严重的幻迹组成, 缺乏足够的鉴别特征.

2 足迹描述

2.1 覆盾甲龙类足迹

就世界范围而言, 覆盾甲龙类(主要包括甲龙类和剑龙类)是一类相当稀少的恐龙足迹, 但却是延庆足迹点最主要的组成部分, 分布于 3 处化石点, 其中化石点 ID 保存最佳, 分有大小两种尺寸, 暴露的大型足迹多为幻迹, 小型足迹则非常清晰, 拥有 1 条行迹.

从足迹可知, 造迹者四足行走, 无尾迹, 每对足迹分为前, 后足迹, 小型足迹前后足迹(图 6(a))的长宽各为 18.7 cm × 30.5 cm (YQS1D-B3m, 标本号

YQS1D = Yanqing Site ID Track), 40.3 cm × 30.1 cm (YQS1D-B3p), 长宽比为 0.61 与 1.34; 大型足迹前后足迹(图 6(b))的长宽各为 28.5 cm × 48.3 cm (YQS1D-A1m), 67.7 cm × 42.2 cm (YQS1D-A2p), 长宽比为 0.59 与 1.60. 以保存较好的 YQS1D-B3m 为例, 该前足迹呈蚕豆状, 各指不可辨, 大小为后足迹的一半, 位于后足迹的前方, 强烈外偏于行迹中线; YQS1D-B3p 后足迹呈椭圆状, 三趾型, 各趾短且末端圆钝, 趾间角为 II 22 III 27 IV, 跟部强壮, 呈圆弧形, 足迹稍内偏于行迹中线. YQS1D-B 行迹保存较差, 难以测得步幅角.

这批标本的外形与特征非常接近于 *Navahopus-Deltapodus-Apulosauripus* (NDA)^[22]组合中的 *Deltapodus*^[23]和 *Apulosauripus*^[24], 这些特征包括: 四足行走, 无尾迹, 后足迹为功能性三趾型, 前足迹为后足迹的一半, 前足迹位于后足迹的中前方. *Apulosauripus* 发现自意大利上白垩统, 一度被认为是鸭嘴龙类所留^[24], 而后被归属于甲龙类足迹^[22]. *Deltapodus* 发现自英格兰中侏罗统地层, 曾经被认为是蜥脚类所留^[23], 后被认为属于剑龙类足迹^[25]. 总体来说,

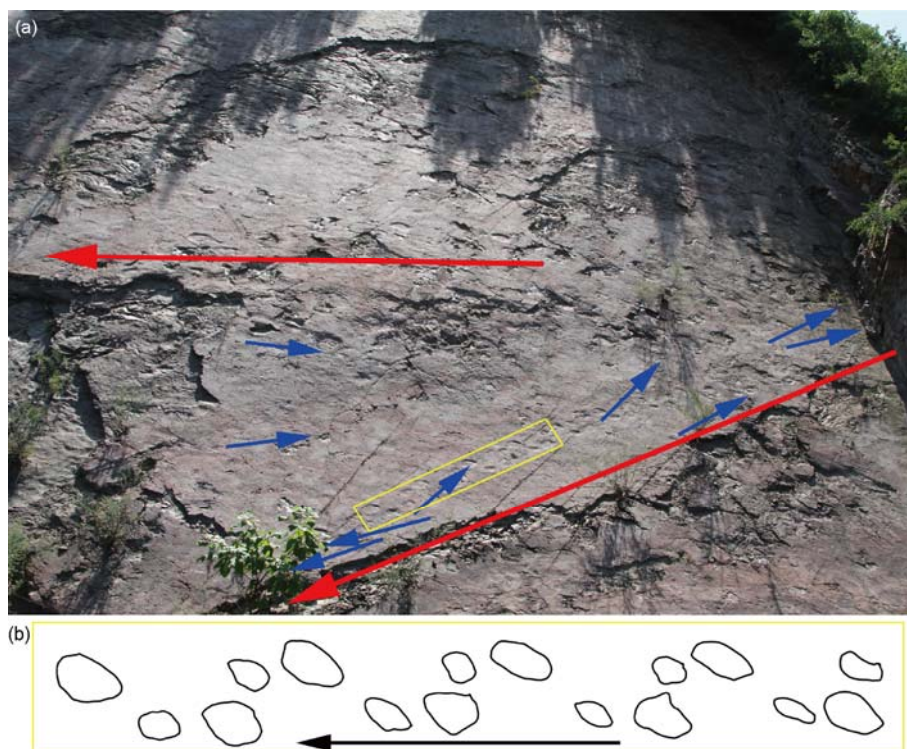


图 4 化石点 IU (上部)的照片(a)及部分行迹轮廓图(b)

红色箭头表示疑似蜥脚类行迹方向；蓝色箭头表示兽脚类行迹方向；黑色箭头表示前进方向；黄框表明行迹轮廓图在化石点的位置



图 5 化石点 II 的照片及足迹轮廓图

比例尺示 1 m

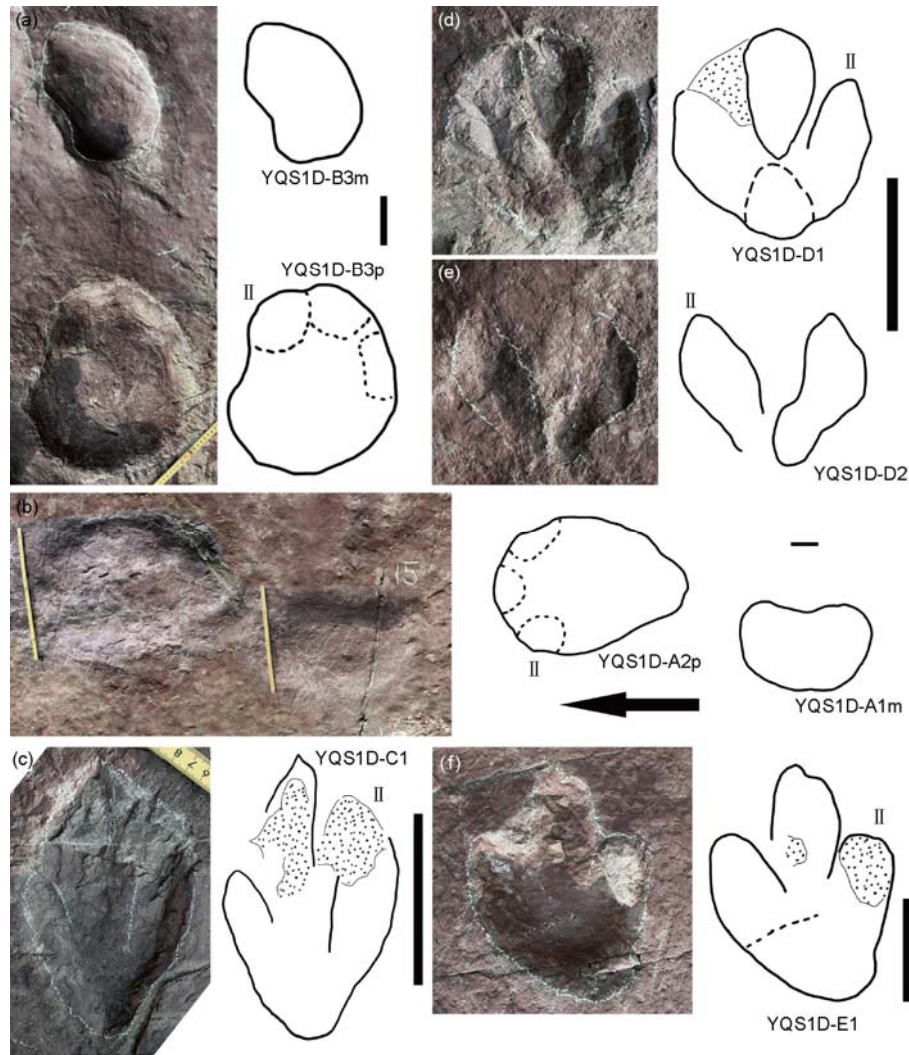


图 6 化石点 ID (下部)保存较好恐龙足迹的照片及轮廓图

(a) 覆盾甲龙类足迹 YQS1D-B3m (前足迹)和 YQS1D-B3p (后足迹); (b) 覆盾甲龙类足迹 YQS1D-A1m (前足迹) YQS1D-A2p (后足迹); (c) 兽脚类足迹 YQS1D-C1; (d)与(e) 鸟脚类足迹 YQS1D-D1~2; (f) 鸟脚类足迹 YQS1D-E1. “II”表示第二趾的位置. (b)的箭头表示前进方向. 比例尺示 10 cm

NDA 足迹组合以跟部占主, 短趾形为特征, 并结合造迹者骨学、足迹学、地层学证据, 目前被认为是覆盾甲龙类所留^[22,26].

与 *Apulosauripus* 对比, 延庆标本的前足迹强烈外偏于行迹中线, 不同于 *Apulosauripus* 的前足迹指向前并与中线平行; 行迹窄, 不同于 *Apulosauripus* 宽行迹. 延庆标本的后足迹狭长, 而 *Apulosauripus* 的后足迹横向扩展, 显得更圆. 与 *Deltapodus* 对比, 延庆标本的前足迹虽与 *Deltapodus* 的前足迹从形态上非常接近, 但却强烈外偏于行迹中线; 后足迹虽也拥有钝趾(以第 II, III 趾尤其明显), 但三趾的离散程

度弱于 *Deltapodus*. 以上种种差异使得延庆标本很可能属于一新的遗迹属, 但这需要更详尽的考察与更具体的比对, 在此先暂时归入 cf. *Deltapodus* isp.

2.2 疑似蜥脚类恐龙

化石点 IU 至少保存有 2~3 条行迹, 最长的行迹长约 12 m, 约有 62 个足迹(图 4). 这批足迹因难以抵近观察, 仅能从远摄的照片上判断. 从其行迹特征, 如行迹宽, 后足迹长大于宽, 前足迹 U 形, 前后足差异高等特征, 可能可归属于蜥脚类恐龙的 *Brontopodus*^[27], 且属于宽行迹的 *Brontopodus*^[28].

2.3 兽脚类足迹

兽脚类足迹是土城子组最常见的恐龙足迹，而且多数属于 *Grallator* morphotype^[11]。延庆发现的兽脚类足迹，化石点 ID 只有发现一个，而化石点 IU 则有较多的发现。

以化石点 ID 的足迹 YQS1D-C1(图 6(c))为例，该足迹长 16.5 cm，宽约 8.5 cm，长宽比为 1.94，趾间角为 II 21 III 23 IV，第 II 趾远端部分被围岩覆盖，但仍可观察其短于第 III 趾而长于第 IV 趾，第 III、IV 趾末端爪痕尖锐；跖趾垫近端较圆且居于足迹近端中央。高长宽比，爪痕尖锐等，都是兽脚类足迹的典型特征^[29,30]。

在诸多兽脚类恐龙足迹中，YQS1D-C1 类似于 *Asianopodus*^[31] 基于以下特征：较圆的跖趾垫，外侧趾夹角为 44° (*Asianopodus* 为 42°~59°^[31])，较高的长宽比(*Asianopodus* 为 1.43~1.54^[31])；同时，YQS1D-C1 雪茄形的趾形又类似 *Therangospodus*^[32]。由于发现标本较少，难以作系统的比对，这里仅作兽脚类足迹未定种处理。

化石点 IU 有 3 至 4 道兽脚类足迹行迹，从形态上看与 YQS1D-C1 相似，这些足迹多数穿插于疑似蜥脚类足迹之间。其中一条行迹长约 3 m，由 5 个足

迹组成(图 7(a))，保存较好的足迹长约 13.4 cm (YQS1U-A4~5，图 7(b), (c))，复步长 2.4 m，臀高为足长的 4 倍^[33]，即 53.6 cm，根据 Alexander R M 的恐龙运动速度公式^[34]可得出其奔跑速度 7.01 m/s，相对复步长为 4.48，该值大于或等于 2.9 即为奔跑，因此 4.48 表明该造迹者当时拥有极高的奔跑速度。与内蒙古鄂托克旗下白垩统发现的足长 28 cm，相对复步长为 5，速度为 12.26 m/s 的兽脚类恐龙足迹^[2]一道，成为目前世界上奔跑最快的恐龙足迹之一。

2.4 鸟脚类足迹

鸟脚类足迹此前从未在土城子组发现过，此为首次发现。在化石点 ID 共有足迹 3 个，由 2 个造迹者所留，皆为后足迹。其中 YQS1D-D1~2 (图 6(d), (f)) 构成一个单步，YQS1D-E1 (图 6(f)) 为单个足迹。

YQS1D-D1 保存最为完好，足迹长 13.8 cm，宽约 11 cm，长宽比为 1.25，趾间角为 II 26 III 35 IV。第 III 趾略大于 2 个外侧趾，末端圆钝，呈三叶草叶形；2 个外侧趾末端较尖；跖趾垫较大，呈丘状。YQS1D-D2 缺失第 III 趾，其他各趾形态与 YQS1D-D1 无异。单步长 59.1 cm。整体呈山字形，趾末端较为粗厚等，都是鸟脚类足迹的典型特征^[29,30]。

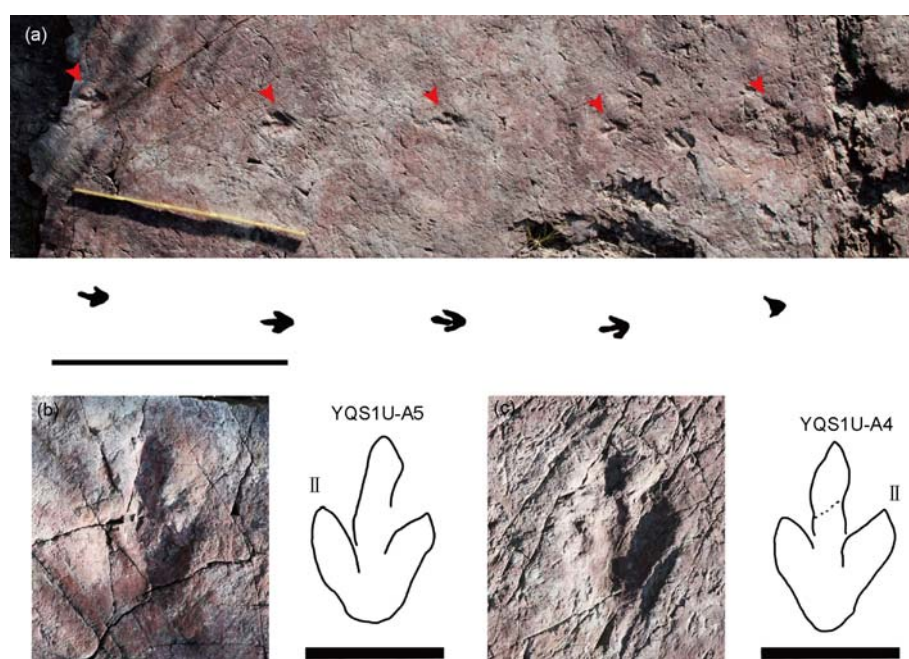


图 7 化石点 IU (上部)的兽脚类行迹及轮廓(a)，行迹中 YQS1U-A5 (b)，YQS1U-A4 (c)的照片及轮廓图

(a) 比例尺示 1 m; (b)与(c) 比例尺示 10 cm

该足迹形态类似于美国上侏罗统莫里森组以及西班牙下白垩统的 *Dinehichnus*^[35-37] 以及 *Caririchnium*^[38-41]. 其中 *Caririchnium* 被认为是禽龙-鸭嘴龙类所留, 各趾特征与延庆标本相近, 包括第Ⅲ趾前端蹄状, 丘状跖趾垫, 长宽比 1.36, 趾间角 50°等^[41], 但 *Caririchnium* 的三趾与跖趾垫通常离散, 且尺寸从 19~40 cm (从未成年到成年个体)^[41]不等, 这些特征都不同于延庆标本. *Dinehichnus* 被认为是中型鸟脚类恐龙所留^[35], 其大小(足迹长 10~19 cm)与延庆标本较为接近, 但其约 90°的趾间角大于延庆标本的 61°, 且第Ⅲ趾末端较尖, 不同于延庆标本横向扩展与圆钝. 由于延庆标本数量太少, 难以归入这两种足迹的任一种, 但归于鸟脚类足迹是毫无疑问的.

YQS1D-E1 足迹, 长 23.4 cm, 宽约 15.2 cm, 长宽比为 1.54, 趾间角为Ⅱ 19°Ⅲ 26°Ⅳ. 第Ⅲ趾最长, 末端似有不清楚的爪痕, 两外侧趾长度相近, 趾末端较圆钝, 跖趾垫与各趾没有明显的界限, 末端圆弧形. 整体形态与 YQS1D-D1 相似, 由于仅发现一个标本, 难以作系统的比对, 待日后发现更多标本再作分析.

3 意义与展望

延庆发现的恐龙足迹群不但是北京地区首次发现恐龙存活过的证据, 而且极大丰富了土城子组的恐龙类群. 此外, 该发现还有以下意义.

首先, 这是中国首次发现 *Deltapodus* 类型的足迹, 该发现支持 *Deltapodus* 的造迹者为覆盾甲龙类的观点. 但至于造迹者为甲龙类或剑龙类则难以分辨. 虽然发现该足迹所在的土城子组第三段为晚侏罗世, 恰是剑龙类发展到顶峰的时期(个别剑龙类即便在早白垩世尚未完全绝迹, 如中国新疆下白垩统吐谷鲁群乌尔禾剑龙(*Wuerhosaurus*)^[42]). 但是, 甲龙

类在晚侏罗世也已经出现, 如美国上侏罗统莫里森组 (Morrison Formation) 发现的迈摩尔甲龙 (*Mymoorapelta*)^[43].

其次, 土城子组发现的大量覆盾甲龙类足迹表明, 早在晚侏罗世, 冀北-辽西地区就活动着覆盾甲龙类, 它们与辽宁朝阳下白垩统义县组的辽宁龙 (*Liaoningosaurus*)^[44], 辽宁北票“中”白垩统孙家湾组的克氏龙 (*Crichtonsaurus*)^[45,46]可能会形成一个较为连续的, 冀北-辽西地区覆盾甲龙类演化体系.

第三, 类似 *Asianopodus* 的兽脚类足迹在延庆的发现, 表明这类有着独特跖趾垫构造的造迹者的分布范围, 可从日本^[31], 泰国^[47]以及中国的河北^[31], 内蒙古^[2], 新疆^[48]拓展到北京地区.

第四, 罕见的, 极高速奔跑的恐龙足迹揭示了独特的古行为学, 该 *Asianopodus* 造迹者可能正处于追击捕猎或逃逸的状态, 结合该足迹点穿插于植食性疑似蜥脚类足迹之间多道兽脚类行迹, 不能排除当时正发生着一场捕猎, 或该地区为恐龙的“猎场”.

第五, 类似 *Dinehichnus* 的出现, 表明土城子组已经出现了中小型鸟脚类恐龙, 它们与上部义县组发现的小型鸟脚类热河龙 (*Jeholosaurus*)^[49], 大型禽龙类锦州龙 (*Jinzhouosaurus*)^[50,51]可能会形成一个可承接的鸟脚类恐龙演化体系.

综上所述, 延庆的恐龙足迹结合土城子组已发现的骨骼化石, 该组已经发现了兽脚类(包括虚骨龙类与恐爪龙类)、覆盾甲龙类、鸟脚类以及可能存在的蜥脚类恐龙, 成为一个具有多样化的恐龙动物群, 为承接热河动物群提供了绝好的演化样本.

目前, 延庆化石点进一步的研究工作正在进行中, 即将开始进行第二阶段的考察, 化石点详细的足迹形态学等信息将另文发表.

致谢

中国地质科学院地质研究所的尤海鲁研究员、北京自然博物馆的李建军研究馆员、阿尔伯塔大学 Julien D. Divay 博士生对本论文提出宝贵意见; 中国地质科学院地质研究所的柳永清研究员介绍并提供了地层资料; 延庆国家地质公园管理处纪书华、王佳、谢蕾蕾, 北京市地质研究所杨鸿连研究员, 中国地质大学(北京)聂泽同教授, 中国地质大学地质公园(地质遗迹)调查评价研究中心研究生何情、杜鹏、罗镇、冯以彪、黄一帆、王恺铭、王彦洁、胡健等, 以及志愿者梁宇等参加野外工作; 延庆县人民政府和化石所在地千家店镇人民政府为野外工作提供了许多帮助; 在此一并表示衷心感谢!

参考文献

- 1 Lockley M G. Tracks and Traces. London: Cambridge University Press, 1989. 134-145
- 2 李建军, 白志强, 魏青云. 内蒙古鄂托克旗下白垩统恐龙足迹. 北京: 地质出版社, 2011. 109

- 3 许欢, 柳永清, 刘燕学, 等. 阴山-燕山地区晚侏罗世-早白垩世土城子组地层, 沉积特征及盆地构造属性分析. 地学前缘, 2011, 18: 88–106
- 4 董枝明. 辽宁朝阳地区土城子组的蜥脚类恐龙化石. 见: 邓涛, 王原, 编. 第八届中国古脊椎动物学学术年会论文集. 北京: 海洋出版社, 2001. 29–33
- 5 Zhao X, Cheng Z, Xu X. The earliest ceratopsian from the Tuchengzi Formation of Liaoning, China. J Vert Paleont, 1999, 19: 681–691
- 6 Zhao X J, Cheng Z W, Xu X, et al. A new ceratopsian from the Upper Jurassic Houcheng Formation of Hebei, China. Acta Geol Sin, 2006, 80: 467–473
- 7 Yabe H, Inai Y, Shikama T. Discovery of dinosaurian footprints from the Cretaceous of Yangshan, Chinchou: Preliminary note. Proc Imp Acad Jpn, 1940, 16: 560–563
- 8 张永忠, 张建平, 吴平, 等. 辽西北票地区中-晚侏罗世土城子组恐龙足迹化石的发现. 地质论评, 2004, 50: 561–566
- 9 Chen P J, Li J J, Matsukawa M, et al. Geological ages of dinosaur-track-bearing formations in China. Cretaceous Res, 2006, 27: 22–32
- 10 Sullivan C, Hone D W E, Cope T D, et al. A new occurrence of small theropod tracks in the Tuchengzi Formation of Hebei Province, China. Vert Palasiat, 2009, 47: 35–52
- 11 Xing L D, Harris J D, Gierliński G D. *Therangospodus* and *Megalosauripus* track assemblage from the Upper Jurassic–Lower Cretaceous Tuchengzi Formation of Chicheng County, Hebei Province, China and Their Paleoeccological Implications. Vert Palasiat, 2011, 49: 423–434
- 12 Shikama T. Footprints from Chinchou, Manchoukuo, of Jeholosauripus, the Eo-Mesozoic dinosaur. Cent Natl Mus Manchoukuo, 1942, 3: 21–31
- 13 Young C C. Fossil footprints in China. Vert Palasiat, 1960, 4: 53–66
- 14 Matsukawa M, Lockley M G, Li J J. Cretaceous terrestrial biotas of East Asia, with special reference to dinosaur-dominated ichnofaunas: Towards a synthesis. Cretaceous Res, 2006, 27: 3–21
- 15 Fujita M, Azuma Y, Lee Y N, et al. New theropod track site from the Upper Jurassic Tuchengzi Formation of Liaoning Province, northeastern China. Mem Fukui Pref Dinosaur Mus, 2007, 6: 17–25
- 16 Xing L D, Harris J D, Sun D H, et al. The earliest known deinonychosaur tracks from the Jurassic-Cretaceous boundary in Hebei, China. Acta Palaeont Sin, 2009, 48: 662–671
- 17 Xing L D, Gierliński G D, Harris J D, et al. A Probable Crouching Theropod Dinosaur Trace from the Jurassic-Cretaceous Boundary in Hebei, China. Geol Bull China, 2012, 31: 21–26
- 18 Lockley M G, Matsukawa M, Ohira H, et al. Bird tracks from Liaoning Province, China: New insights into avian evolution during the Jurassic-Cretaceous transition. Cretaceous Res, 2006, 27: 33–43
- 19 北京市地质矿产局. 北京市区域地质志. 北京: 地质出版社, 1991. 598
- 20 段淑英. 北京硅化木林. 植物学报, 1986, 28: 331–335
- 21 张武, 郑少林, 丁秋红. 苏格兰木(*Scotoxylon*)在中国的首次发现. 植物学通报, 2000, 17: 202–205
- 22 Gierliński G, Sabath K. Stegosaurian footprints from the Morrison Formation of Utah and their implications for interpreting other ornithischian tracks. Oryctos, 2008, 8: 29–46
- 23 Whyte M A, Romano M. Probable sauropod footprints from the Middle Jurassic of Yorkshire, England. Gaia, 1994, 10: 15–26
- 24 Nicosia U, Marino M, Mariotti N. The Late Cretaceous dinosaur tracksite near Altamura (Bari, southern Italy). II — *Apulosauripus federicianus* new ichnogen. and new ichnosp. Geol Romana, 1999, 35: 237–247
- 25 Belvedere M, Mietto P. First evidence of stegosaurian *Deltapodus* footprints in North Africa Iouaridène Formation, Upper Jurassic, Morocco. Palaeontology, 2010, 53: 233–240
- 26 Whyte M A, Romano M. Probable stegosaurian dinosaur tracks from the Saltwick Formation (Middle Jurassic) of Yorkshire, England. Proc Geol Assoc, 2001, 112: 45–54
- 27 Farlow J O, Pittman J G, Hawthorne J M. *Brontopodus birdi*, Lower Cretaceous dinosaur footprints from the U. S. Gulf Coastal Plain. In: Gillette D D, Lockley M G, eds. Dinosaur Tracks and Traces. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 371–394
- 28 Xing L D, Harris J D, Currie P J. First Record of Dinosaur Trackway from Tibet, China. Geol Bull China, 2011, 30: 173–178
- 29 Thulborn R A. Dinosaur Tracks. London: Chapman, 1990. 410
- 30 邢立达. 恐龙足迹: 追寻亿万年前神秘印记. 上海: 上海科学教育出版社, 2010. 255
- 31 Matsukawa M, Shibata K, Kukiara R, et al. Review of Japanese dinosaur track localities: Implications for ichnotaxonomy, paleogeography and stratigraphic correlation. Ichnos, 2005, 12: 201–222
- 32 Lockley M G, Meyer C A, Moratalla J J. *Therangospodus*: Trackway evidence for the widespread distribution of a Late Jurassic theropod dinosaur with well-padded feet. Gaia, 1998, 15: 339–353
- 33 Henderson D M. Footprints, trackways, and hip heights of bipedal dinosaurs—testing hip height predictions with computer models. Ichnos, 2003, 10: 99–114
- 34 Alexander R M. Estimates of speeds of dinosaurs. Nature, 1976, 261: 129–130
- 35 Lockley M G, dos Santos V F, Meyer C A, et al. A new dinosaur tracksite in the Morrison Formation, Boundary Butte, southeastern Utah. Mod Geol, 1998, 23: 317–330
- 36 Lockley M G, McCrea R T, Matsukawa M. Ichnological evidence for small quadrupedal ornithischians from the basal Cretaceous of SE Asia and North America: Implications for a global radiation. In: Buffetaut E, Cuny G, Le Loeuff J, et al, eds. Late Palaeozoic and Mesozoic Ecosystems in SE Asia. Geol Soc London, Spec Pub, 2009, 315: 255–269

- 37 Gierliński G, Niedźwiedzi G, Nowacki P. Small theropod and ornithopod foot prints in the Late Jurassic of Poland. *Acta Geol Pol*, 2009, 59: 221–234
- 38 Leonardi G. Le impronte fossili di dinosauri. In: Bonaparte J F, Colbert E H, Currie P J, et al, eds. *Sulle Orme di Dinosauri*. Venezia: Erizzo, 1984. 1–333
- 39 Lockley M G. Dinosaur footprints from the Dakota Group of eastern Colorado. *Mt Geol*, 1987, 24: 107–122
- 40 Lee Y N. Bird and dinosaur footprints in the Woodbine Formation (Cenomanian), Texas. *Cretaceous Res*, 1997, 18: 849–864
- 41 邢立达, 王丰平, 潘世刚, 等. 重庆綦江中白垩统夹关组恐龙足迹群的发现及其意义. *地质学报*, 2007, 81: 1591–1602
- 42 Dong Z M. Dinosaurs from Wuerho. Reports of Paleontological Expedition to Sinkiang (II): Pterosaurian Fauna from Wuerho, Sinkiang. *Mem IVPP, Acad Sin*, 1973, 11: 45–52
- 43 Kirkland J I, Carpenter K. North America's first pre-Cretaceous ankylosaur (Dinosauria) from the Upper Jurassic Morrison Formation of western Colorado. *BYU Geol Stud*, 1994, 40: 25–42
- 44 Xu X, Wang X L, You H L. A juvenile ankylosaur from China. *Naturwissenschaften*, 2001, 88: 297–300
- 45 董枝明. 辽宁北票地区一新的甲龙化石. *古脊椎动物学报*, 2002, 40: 276–285
- 46 Lü J C, Ji Q, Gao Y B, et al. A new species of the ankylosaurid dinosaur *Crichtonsaurus* (Ankylosauridae: Ankylosauria) from the Cretaceous of Liaoning Province. *Acta Palaeont Sin*, 2007, 81: 883–897
- 47 Lockley M G, Matsukawa M, Sato Y, et al. A distinctive new theropod dinosaur track from the Cretaceous of Thailand: Implications for theropod track diversity. *Cretac Res*, 2006, 27: 139–145
- 48 Xing L D, Harris J D, Jia C K, et al. Early Cretaceous bird-dominated and dinosaur footprint assemblages from the northwestern margin of the Junggar Basin, Xinjiang, China. *Palaeoworld*, 2011, doi: 10.1016/j.palwor.2011.01.001
- 49 Xu X, Wang X L, You H L. A primitive ornithopod from the Early Cretaceous Yixian Formation of Liaoning. *Vert Palasiat*, 2000, 38: 318–325
- 50 Wang X L, Xu X. A new iguanodontid (*Jinzhouosaurus yangi* gen. et sp. nov.) from the Yixian Formation of western Liaoning, China. *Chin Sci Bull*, 2001, 46: 1669–1672
- 51 Wang X L, Pan R, Butler R J, et al. The postcranial skeleton of the iguanodontian ornithopod *Jinzhouosaurus yangi* from the Lower Cretaceous Yixian Formation of western Liaoning, China. *Earth Environ Sci Trans R Soc Edinb*, 2010, 101: 135–159

First record of dinosaur trackways in Beijing, China

ZHANG JianPing¹, XING LiDa^{2*}, Gierliński Gerard D.^{3,4}, WU FaDong¹, TIAN MingZhong¹ & CURRIE Philip²

¹Research Center for Geopark (Geoheritage) Investigation and Evaluation, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

²Department of Biological Sciences, University of Alberta, Edmonton, Alberta T6G 2E9, Canada;

³JuraPark, Ostrowiec Świętokrzyski 27-400, Poland;

⁴Polish Geological Institute, Warszawa 00-975, Poland

We describe a number of newly discovered dinosaur tracks from the Late Jurassic-Early Cretaceous Tuchengzi Formation, located in the core zone of Yanqing Silicified Wood National Geopark, during field work for the preparation of global geopark application in Yanqing County, Beijing. The preliminary research indicates that these may comprise thyreophoran (cf. *Deltapodus* isp.), theropod, ornithopod and probably sauropod tracks. The thyreophoran tracks indicate the presence of this family during the Late Jurassic in the Jibei-Liaoxi area. This may be related to the presence of ankylosaurids from the Lower Cretaceous Yixian Formation, in Chaoyang, Liaoning. As they are rare, high-speed theropod tracks reveal aspects of their paleoethology. The dinosaur tracks from Yanqing constitute the first evidence of dinosaurs in Beijing. These also enrich the knowledge on the diversity of dinosaur species in the Tuchengzi Formation, which provides an excellent evolutionary sample to compare with that of the later Jehol Fauna.

thyreophoran tracks, theropod tracks, ornithopod tracks, Tuchengzi Formation, Late Jurassic-Early Cretaceous, Beijing

doi: 10.1360/972011-1963

本文视频