

文章编号:1000-0550(2014)06-1007-09

豫西潭头盆地上白垩统秋扒组遗迹化石与沉积环境^①

王长征¹ 胡斌^{1,2} 杨凯¹

(1.河南理工大学资源环境学院 河南焦作 454000;2.河南省生物遗迹与成矿过程重点实验室 河南焦作 454000)

摘要 豫西潭头盆地上白垩统秋扒组为一套陆相碎屑岩沉积,岩性主要为褐红色厚层状或块状的粉砂质泥岩夹多层不稳定的砾岩、砂砾岩或砂岩。本次工作在该组中发现了丰富的遗迹化石:*Palaeophycus tubularis*(管状古藻迹)、*Beaconites antarcticus*(南极似塔形迹)、*Planolites ichnosp.1*(漫游迹,未定种1)、*Planolites ichnosp.2*(漫游迹,未定种2)、*Scoyenia gracilis*(纤细斯柯茵迹)、*Skolithos ichnosp.*(石针迹,未定种)和 *Rhizoliths*(根迹)。根据遗迹化石的产状及其围岩的沉积特征,建立了 *Beaconites-Scoyenia* 遗迹组合和 *Palaeophycus-Rhizoliths* 遗迹组合,并提出了遗迹化石组合的沉积环境分布模式;基于岩性特征、沉积构造和遗迹化石组成特征的综合分析,划分出五种沉积序列类型。秋扒组形成于冲积扇、扇三角洲和湖泊沉积环境,自下而上经历了从冲积扇到扇三角洲再到湖泊的沉积环境演化过程。

关键词 潭头盆地 陆相沉积 遗迹化石 沉积环境

第一作者简介 王长征 男 1979年生 博士研究生 讲师 沉积学和遗迹学 E-mail: wangchangzheng@hpu.edu.cn

中图分类号 TE121.3⁺1 **文献标识码** A

近几年来,随着白垩纪恐龙及恐龙蛋化石的不断发现,又兴起一轮研究和保护恐化石的热潮,豫西地区以恐龙为代表的陆生动物群以及相关地层学工作相继取得了许多新进展^[1-7]。然而,对栾川潭头盆地白垩系遗迹化石及沉积环境的研究前人做的工作甚少,本文试图通过分析豫西地区上白垩统秋扒组的遗迹化石、沉积特征来恢复其古沉积环境,为解释已发现大量恐龙和恐龙蛋化石及其它古脊椎动物化石的地层的古环境提供科学依据。

1 地层概况

潭头盆地位于豫西栾川县境内,秋扒组呈近东西向分布于该盆地北、西缘的秋扒乡杨树凹、黄土庄、关坪、蒿坪沟、三里坪及潭头乡高峪沟北马窑一带。本次研究剖面位于栾川县秋扒乡黄岭一大松朵村和潭头镇马窑村附近(图1),上白垩统地层出露良好。岩性主要为褐红色厚层状或块状的粉砂质泥岩夹多层不稳定的砾岩、砂砾岩或砂岩。底部以紫红色砂砾岩为标志与下伏熊耳群不整合接触;顶部以棕红色泥岩为标志与上覆古近系高峪沟组接触,其接触关系至今一直存在争议^[1-3],且王德有^[8]最近做了详细论述,在此不再赘述。

根据秋扒组岩性特征,可将其分为下、中、上三

段;下段为紫红色厚层—巨厚层状中粗砾岩、砖红色含细砾粉砂质泥岩夹含细砾粗砂岩。砾岩层中砾石大小混杂,以3~20cm的粒径为主,最大砾石砾径可达55cm;砾石成分主要有安山岩、石英岩、碳酸盐岩、砂岩等;砾石磨圆较差,呈次棱角状;砾石间为杂基支撑,基质中含有大量的泥质,部分岩层中泥质和粉砂质杂基的含量较高,构成紫红色含砾泥岩。中段由灰色、紫红色、棕红色细—中砾岩,棕红色含砾粗砂岩和紫红色、棕红色厚层状粉砂质泥岩组成。砾岩一般呈厚层—巨厚层状,砾石分选较差、次棱角—次圆状,砾石间多为杂基支撑,有时可见颗粒支撑。上段由黄色、灰色和灰绿色(含砾)岩屑砂岩,灰绿色、灰白色、紫红色泥质细砂岩及钙质细砂岩,灰绿色、紫红色粉砂岩,棕红色、紫红色粉砂质泥岩和泥岩组成。

本组富产脊椎动物、恐龙蛋及其蛋壳碎片,其中恐龙类化石发现有:*Luanchuanraptor henanensis*gen(河南栾川盗龙)^[9]、*Tyrannosaurus luanchuanensis*(栾川霸王龙)、*Qiupalong henanensis*(河南秋扒龙)^[2]及甲龙类化石^[10],恐龙蛋类化石发现有:*Macroolithus cf. yaotunensis*(瑶屯巨型蛋相似种)、*Elongatoolithus andrewsi*(安氏长形蛋)、*Elongatoolithus elongates*(长形长形蛋)^[2,4],其他古脊椎动物化石有:蜥脚类、蜥蜴类、龟鳖类和可能的鸟类碎骨^[5,11]。这些化石指示

^①国家自然科学基金项目(批准号:41272117)资助
收稿日期:2013-09-26;收修改稿日期:2013-12-25

地层时代为晚白垩世。

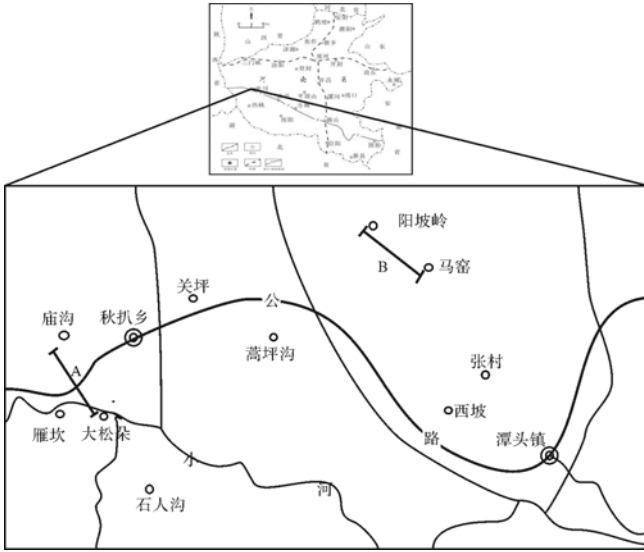


图1 研究区地理位置图(A为秋扒乡黄岭—大松朵村剖面、B为潭头镇马窑村剖面)

Fig.1 Geographic location of the study area (A, B showing localities of the stratigraphic sections of the Upper Cretaceous Qiupa Formation in this study)

2 岩相特征与沉积序列

2.1 岩相特征

豫西栾川潭头盆地秋扒组主要由砾岩、砂岩、粉砂岩和泥岩组成,依据其岩相特征可以分成上、中、下三段。下段(1~8层)厚24.38 m,可进一步细分为2个由粗到细的正粒序旋回。第一旋回由1~2层组成,粗粒层由分选极差的,无组构的混杂砾岩构成;细粒层由含细砾粗砂岩构成,局部夹有中砾岩、砂岩和泥岩混杂层,可解释为冲积扇相扇根亚相的沉积。第二旋回由3~8层组成,出现3个由粗砾岩到含细砾粉砂质泥岩组成的旋回,砾岩层中可见叠瓦状构造和冲刷构造,与第一旋回相比,砾岩分选性相对较好,可解释为冲积扇相扇中亚相的沉积。

中段(9~69层)厚151.94 m。9~16层由紫红色中粗砾岩与紫红色含砾粉砂质泥岩、粉砂质泥岩互层组成;水平层理发育,砾岩条带、泥岩透镜体发育,砾岩岩层底部发育冲刷构造,砾岩底面附近出现5~10 cm的绿灰色脱水带,说明该岩石曾经历了在地表暴露、发生钙化的过程,也是陆相及古地形原始坡度较大的良好判断标志;可解释为扇三角洲平原亚相的沉积。17~21层由紫红色中粗砾岩、灰绿色和棕红色砂砾岩、紫红色含砾粉砂质泥岩组成,遗迹化石发育;可解释为扇三角洲前缘亚相的沉积。22层由棕红色粉

砂质泥岩、泥质粉砂岩棕红色细砾岩和含砾粗砂岩组成,可进一步划分出11个沉积细层,形成多个由粗变细的递变层,细层厚一般几十厘米,遗迹化石发育;可解释为滨湖亚相与浅湖亚相交替出现的沉积。23~39层由紫红色和灰绿色中砾岩、紫红色和灰绿色细砾岩、紫红色含砾粗砂岩与棕红色粉砂质泥岩和含砾粉砂质泥岩组成,砾岩底部发育冲刷构造,泥岩层中可见钙质结核和砾岩透镜体或条带,遗迹化石发育,是一套扇三角洲平原和扇三角洲前缘亚相的沉积。40~42层由紫红色粉砂质泥岩与棕红色含砾泥岩粉砂岩互层组成,可见“U”型潜穴,可解释为滨、浅湖亚相的沉积。43~54层岩性组合、沉积构造和遗迹化石组合与23~39层基本一致,也是一套扇三角洲平原和扇三角洲前缘亚相的沉积。55~63层由灰绿色细砾岩、含砾粗砂岩、紫红色粉砂质泥岩与紫红色含砾泥质粉砂岩互层组成,水平层理和遗迹化石发育,显示为滨、浅湖亚相的沉积。64~69层由灰绿色、紫红色中粗砾岩、含砾泥质粉砂岩、泥质粉砂岩组成,砾岩底部冲刷构造发育,泥岩中可见水平层理、砾岩透镜体,遗迹化石发育,应为扇三角洲前缘亚相的沉积。

上段(70~86层)厚177.54 m,系由泥岩、粉砂岩、细砂岩和细砾岩组成,该段岩石的最大特征是紫红色粉砂质泥岩厚度大,夹钙质结核层或含零散分布的细砾;灰绿色薄层—中厚层状细粒岩屑砂岩与紫红色薄层—中厚层状泥质粉砂岩互层出现,且细砂岩和粉砂岩中含多种遗迹化石,丰度较高。以上特征显示上段为滨湖、浅湖亚相沉积。

2.2 沉积序列特征

依据其岩性、沉积构造、化石和沉积序列在垂向上的变化特征,可划分五种沉积序列类型(图2),各类型特征描述如下:

沉积序列类型I(图2A):由下部的粗砾岩与上部的含细砾粉砂质泥岩组成,前者为块状层理,后者可见水平层理,二者沉积厚度比为2:1至4:1。秋扒组下段发育该沉积序列类型,1~8层显示出4个层厚不同的类型I沉积序列(图3),每个序列下部的粗粒岩石单元均为紫红色厚层—巨厚层状中粗砾岩,上部的细粒岩石单元为砖红色薄层状含细砾粉砂质泥岩夹含细砾粗砂岩。该类型代表了冲积扇沉积。

沉积序列类型II(图2B):由下部灰绿色、棕红色中—粗砾岩与上部红色、紫红色粉砂质泥岩或棕红色含砾粉砂质泥岩组成,粉砂质泥岩中见有水平纹理,两者沉积厚度比为1:1至1:2。

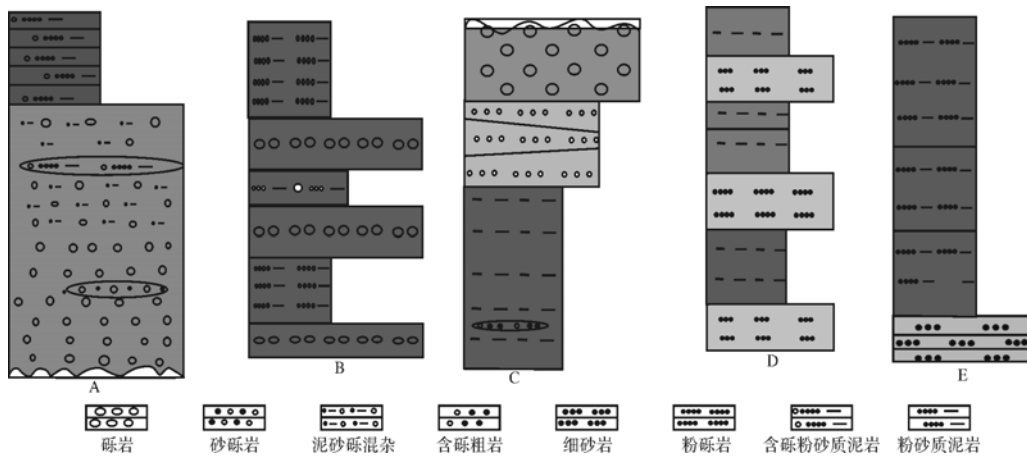


图 2 豫西潭头盆地上白垩统秋扒组沉积序列类型

Fig.2 Sedimentary sequence types of the Upper Cretaceous Qiupa Formation in Tantou Basin of western Henan

沉积序列类型 III (图 2C): 自下而上由棕红色泥岩, 灰绿色、棕红色含砾粗砂岩或砂砾岩, 中粗砾岩组成, 显示出向上变粗的反粒序沉积序列, 三者沉积厚度的变化通常为泥岩厚度 > 含砾砂岩厚度 > 砾岩厚度。类型 II 和类型 III 均出现在秋扒组中段 (图 3, 9~69 层), 二者往往相互交替出现。其中, 砾岩一般呈现厚层—巨厚层状沉积, 砾岩体横切面多呈下凹的半透镜状, 常与含砾砂岩互层出现, 底部常见冲刷面; 棕红色含砾砂岩横剖面形态常为规模不等的透镜状, 楔状交错层理发育; 棕红色、紫红色粉砂质泥岩层厚稳定, 有时夹厚度不稳定的含砾粗砂岩, 泥岩层中常见动物遗迹和植物根迹化石。类型 II 和类型 III 分别代表了扇三角洲平原和扇三角洲前缘环境沉积。

沉积序列类型 IV (图 2D): 由下部中厚层状中—粗粒砂岩或薄层状细砂岩与上部薄—中厚层状粉砂岩或泥岩沉积组成, 砂岩沉积层中见有楔状交错层理, 粉砂岩和泥岩沉积中发育水平层理, 二者沉积厚度大致相等。

沉积序列类型 V (图 2E): 由下部的灰绿色薄—中厚层状细砂岩与上部棕红色厚层状泥岩组成, 砂岩与泥岩厚度之比为 1:7 至 1:16。该类型中的细砂岩有时变为含砾岩屑砂岩、泥质细砂岩或钙质细砂岩。砂岩中交错层理发育, 粉砂岩或泥岩沉积中常见多种类型的生物遗迹。类型 IV 和类型 V 在秋扒组上段 (图 9, 70~86 层) 和中段均有出现。类型 IV 和类型 V 代表了滨浅湖环境的沉积。

3 遗迹化石组成特征及其沉积环境

栾川潭头盆地上白垩统秋扒组共有 22 个层位发

现有遗迹化石, 大多产自砂岩和砂质泥岩中。鉴定出的遗迹化石除根迹 (Rhizoliths) 外, 有 6 个遗迹种, 即: *Palaeophycus tubularis* (管状古藻迹)、*Beaconites antarcticus* (南极似塔形迹)、*Planolites ichnosp.1* (漫游迹, 未定种 1)、*Planolites ichnosp.2* (漫游迹, 未定种 2)、*Scoyenia gracilis* (纤细斯柯茵迹) 和 *Skolithos ichnosp.* (石针迹, 未定种)。现将各遗迹种的形态、结构和产状特征简要描述如下:

(1) *Palaeophycus tubularis* (管状古藻迹) (图 3A~D): 微弯曲或高度弯曲, 与层面低角度相交或近垂直的圆柱状潜穴, 偶见分枝, 表面无饰, 具衬壁, 充填物颜色多与围岩不同、局部与围岩相同。潜穴直径粗细变化大, 一般 6~22 mm, 可见潜穴长度 6.5~55 cm。广泛分布于秋扒组中下部粉砂质泥岩中。

(2) *Beaconites antarcticus* (南极似塔形迹) (图 4A, B): 直—微弯曲状潜穴, 不分枝。可见潜穴长度 7~12 cm, 潜穴直径 6~20 mm。外壁光滑, 具薄层衬壁。为主动充填类型, 具新月型回填纹构造。以内生迹形式保存, 与层面呈高角度倾斜。产于秋扒组中上部粉砂质泥岩或粉砂岩中。

(3) *Planolites ichnosp.1* (漫游迹, 未定种 1) (图 5A): 较大型水平觅食潜穴, 直—微弯曲状, 直径 20~40 mm, 延伸长度约 70 cm, 在泥质粉砂岩中较密集平行层面分布, 无衬壁或衬里, 充填物为棕红色粉砂岩, 内迹保存。产于秋扒组中部粉砂质泥岩或粉砂岩中。

(4) *Planolites ichnosp.2* (漫游迹, 未定种 2) (图 5B): 较小型潜穴, 亚柱形, 稍弯曲, 与层面斜交, 直径 9 mm, 长大于 22 cm, 粗细较稳定, 充填物为灰绿色泥质粉砂岩, 与棕红色围岩有明显区别。产于潭头盆地

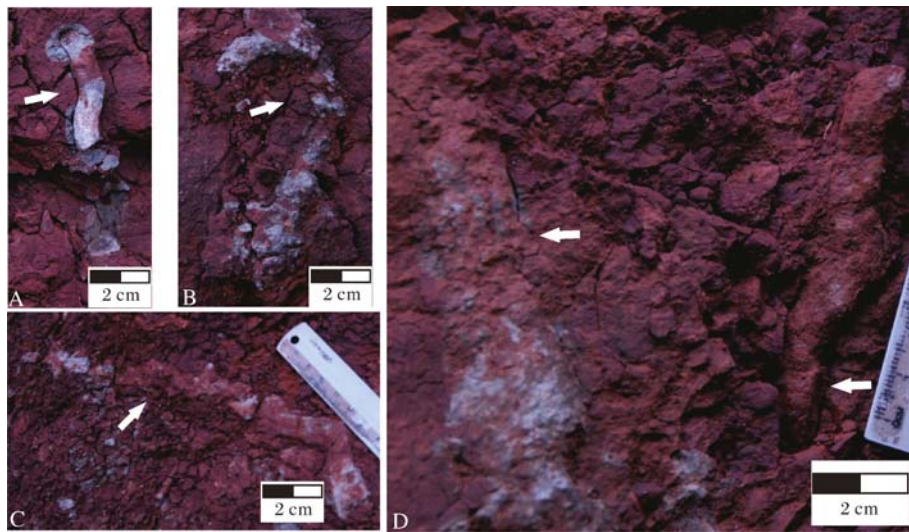


图 3 豫西潭头盆地上白垩统秋扒组中遗迹化石 *Palaeophycus* (图片 A~D 垂直层面)

Fig.3 Ichnofossil *Palaeophycus* in the Upper Cretaceous Qiupa Formation in Tantou Basin of western Henan

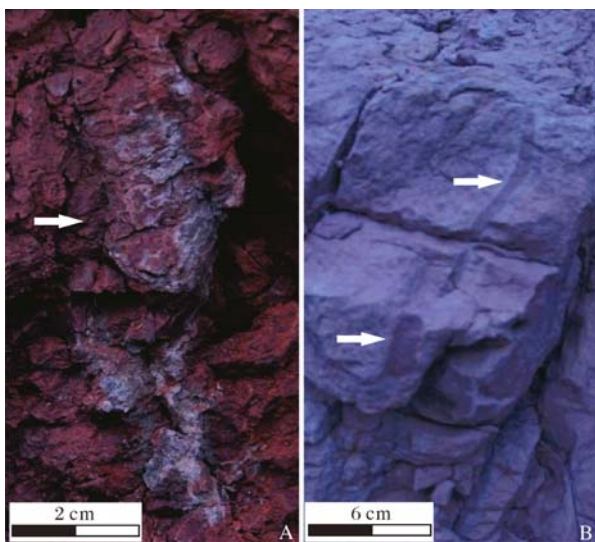


图 4 豫西潭头盆地上白垩统秋扒组遗迹化石 *Beaconites* (图片 A~B 垂直层面)

Fig.4 Ichnofossil *Beaconites* in the Upper Cretaceous Qiupa Formation in Tantou Basin of western Henan

秋扒组中部粉砂质泥岩或粉砂岩中。

(5) *Scoyenia gracilis* (纤细斯柯茵迹) (图 5C): 直或微弯的内生潜穴, 直径 6~12 mm, 长度约 7 cm, 与层面平行或斜交, 充填物为棕红色粉砂质泥岩, 与围岩不同, 产于秋扒组顶层灰绿色粉砂岩中。

(6) *Skolithos* ichnosp. (石针迹, 未定种) (图 5D): 垂直潜穴, 直径 7 mm, 长度 72 mm, 与层面近垂直或高角度斜交, 底端略收敛, 充填物为棕红色泥岩。产于秋扒组顶层灰绿色粉砂岩中。

(7) Rhizoliths (根迹) (图 5E, F): 不分枝或分枝, 直径 12 mm 左右, 长 12~15 cm, 根迹呈灰绿色根模产出, 与周围棕红色泥岩明显不同, 与层面垂直或高角度斜交。产于潭头盆地秋扒组中部粉砂质泥岩或粉砂岩中。

上述 7 种遗迹化石, 都是陆相地层中常见的分子。Keighley^[11]曾研究过具回填纹的 *Beaconites* 遗迹属, 并识别出三个遗迹种: 即 *Beaconites antarcticus*, *B. capronus* 和 *B. coronus*。其中, *B. capronus* 因其尖楞状的回填构造而与其它两个种相区别, 呈“V”型; *B. antarcticus* 和 *B. coronus* 均为“U”型或新月形, 但前者回填纹的单个房室宽度大于潜穴直径, 而后者回填纹的单个房室宽度小于潜穴直径。本次工作发现的 *Beaconites*, 其特征与 *B. antarcticus* 类似。

Scoyenia 遗迹一般发育在周期性暴露地表和被水淹没的低能沉积环境, 沉积物底层常处在有水无水之间往复变化。在河流体系中, *Scoyenia* 遗迹相出现在越岸沉积环境, 如泛滥平原、水塘、堤岸和决口扇等^[13,14]。在湖泊环境中, 无论是开放的或封闭的湖泊, 还是短期或永久湖盆系统, *Scoyenia* 遗迹相通常发育在湖泊边缘极浅水地带^[15]。

总之, 前人研究表明, *Beaconites* 和 *Scoyenia* 遗迹化石常出现在低能浅水沉积环境中, 并且底质常呈周期性暴露于地表。*Palaeophycus* 与 *Scoyenia* 和 *Beaconites* 也经常共生在一起, 共同代表了周期性暴露的极浅水环境。

Skolithos 遗迹化石几乎都产自薄—中厚层状的

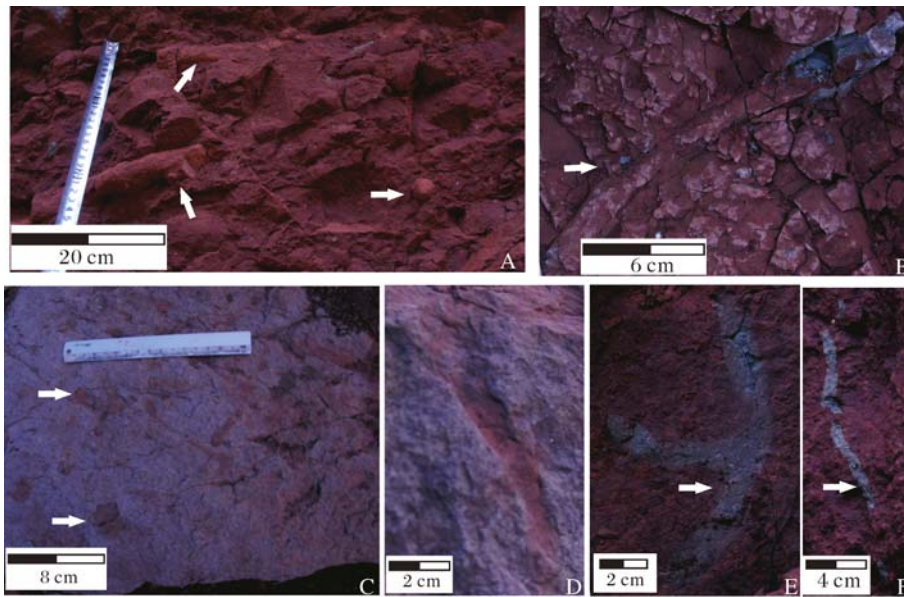


图 5 豫西潭头盆地上白垩统秋扒组遗迹化石(C 图平行层面,A~B、D~E 图垂直层面)

A,B. *Planolites*; C. *Scoyenia*; D. *Skolithos*; E, F. *Rhizoliths*

Fig.5 Ichnofossils in the Upper Cretaceous Qiupa Formation in Tantou Basin of western Henan

细砂岩或粉砂岩中,在陆相沉积中,一般出现在河心滩、边滩、滨湖、三角洲前缘等水能量相对较高的沉积环境。

古植物根迹 (*Rhizoliths*) 常垂直层面分布,往下直径变细且分叉,发育于秋扒组中部粉砂质泥岩中。根迹的大量出现,可作为陆地古土壤的标志,常见于泛滥平原、沼泽和极浅覆水地带。

4 遗迹化石的分布特征及其沉积环境

根据野外地质剖面观察,潭头盆地上白垩统秋扒组中发现的遗迹化石多数以内迹和表迹保存。*Planolites*、*Scoyenia* 等进食迹主要产于紫红色粉砂质泥岩和粉砂岩中,*Skolithos* 等居住迹主要产于中厚层状的砂岩中,属于进食迹和居住迹的 *Beaconites* 和 *Palaeophycus*,主要产于紫红色粉砂质泥岩和粉砂岩中。

根据遗迹化石的产状及其围岩的沉积特征,可潭头盆地已发现的遗迹化石划分为 *Palaeophycus* -*Rhizoliths* 遗迹组合及 *Beaconites*-*Scoyenia* 遗迹组合,各组合特点分述如下:

(1) *Palaeophycus* -*Rhizoliths* 遗迹组合

该遗迹组合主要组成分子有 *Palaeophycus tubularis* (管状古藻迹)、*Planolites ichnosp.1* (漫游迹,未定种)、*Beaconites antarcticus* (南极似塔形迹) 和 *Rhizoliths* (根迹)。总体上,遗迹化石的分异度和丰度较高。该遗迹组合主要发育在中厚层状的棕红色粉砂

质泥岩中。伴生有水平层理,显示出薄层状棕红色粉砂质泥岩与棕红色、灰绿色砂砾岩或粗砂岩互层沉积序列特点,主要发育在类型 II 和类型 III 等沉积序列类型中,其沉积环境解释为扇三角洲平原—扇三角洲前缘沉积环境(图 6)。

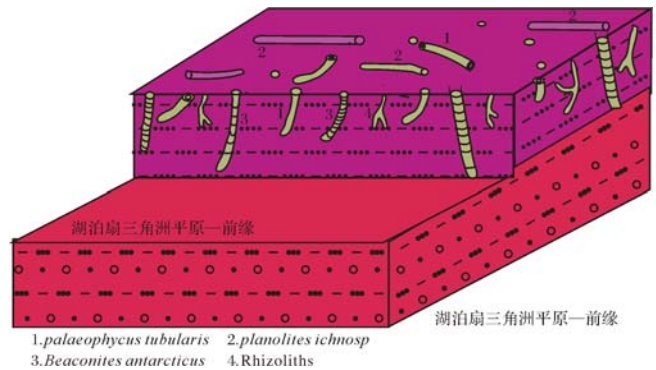


图 6 湖泊扇三角洲平原—前缘沉积中的 *Palaeophycus*-*Rhizoliths* 遗迹组合

Fig.6 The *Palaeophycus*-*Rhizoliths* ichnoassemblage in the lacustrine fan-delta plain to fan-delta front deposits

(2) *Beaconites*-*Scoyenia* 遗迹组合

该遗迹组合主要组成分子有 *Beaconites antarcticus* (南似塔形迹)、*Scoyenia gracilis* (纤细斯柯茵迹)、*Planolites ichnosp.2* (漫游迹,未定种 2) 和 *Skolithos ichnosp.* (石针迹,未定种)。总体上,遗迹化石的分异度较高,丰度相对较低。该遗迹组合主要发育在薄

层—中厚层状的灰绿色粉砂岩和粉砂质泥岩中。伴生沉积构造主要有波状或缓波状层理,显示出薄层状灰绿色粉砂质泥岩与粉砂岩互层沉积序列特点,主要发育在类型IV等沉积序列类型中,其沉积环境解释为周期性出露地表的滨浅湖沉积环境(图7)。

根据岩性特征、沉积构造特征、沉积序列类型和遗迹化石组合特征分析,豫西潭头盆地上白垩统秋扒组形成于冲积扇、扇三角洲和湖泊(滨浅湖)沉积环境(图8)。这为解释该盆地白垩纪恐龙生存与化石保存的古环境提供了科学依据。

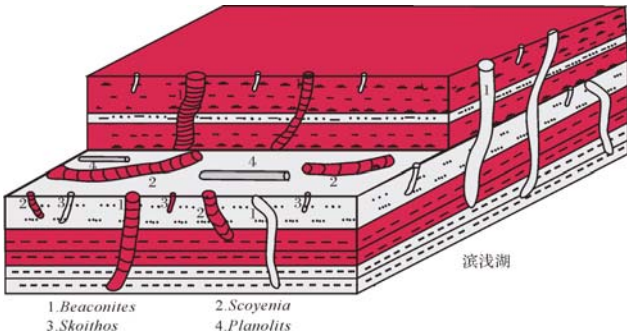


图7 滨浅湖沉积中的 *Beaconites*-*Scoyenia* 遗迹组合
Fig.7 The *Beaconites*-*Scoyenia* ichnoassemblage in the shore and shallow lacustrine deposits

5 沉积环境演化特征

基于上述沉积特征、沉积序列类型和遗迹化石组

合特点分析,可知豫西栾川潭头盆地上白垩统秋扒组形成于冲积扇、扇三角洲和湖泊沉积环境。按照沉积环境在垂向上的变化,秋扒组经历了以下演化过程(图9):

下段(1~8层)由厚层状的砾岩、含砾砂岩和含砾泥岩构成,遗迹化石不发育,其沉积序列特征如图2A所示,自下而上经历了冲积扇相扇根亚相至扇中亚相的沉积演化。

中段(9~69层)由中粗砾岩、砂砾岩、含砾粗砂岩、细砂岩、含砾粉砂质泥岩和粉砂质泥岩组成,沉积环境经历了如下演化过程:9~16层由中粗砾岩、含砾粉砂质泥岩和粉砂质泥岩互层组成,其沉积序列类型特征如图2B所示,遗迹化石不发育,沉积环境为扇三角洲平原。17~21层由中粗砾岩、砂砾岩和含砾粉砂质泥岩组成,沉积序列特征如图2C所示, *Palaeophycus* 遗迹化石发育,沉积环境为扇三角洲前缘。22层由粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、细砾岩和含砾粗砂岩组成,沉积序列特征如图2D和图2E所示, *Palaeophycos* 和 *Beaconites* 遗迹化石发育,为滨湖、浅湖沉积环境。23~39层由中砾岩、细砾岩、含砾粗砂岩、粉砂质泥岩和含砾粉砂质泥岩组成,沉积序列特征如图2B和图2C所示, *Palaeophycus* 和 *Rhizoliths* 遗迹化石发育,是一套扇三角洲平原和扇三角洲前缘亚相的沉积。40~42层由粉砂质泥岩、含砾泥岩和粉砂岩组成,沉积序列特征如图2E所示,可见“U”型潜穴,为

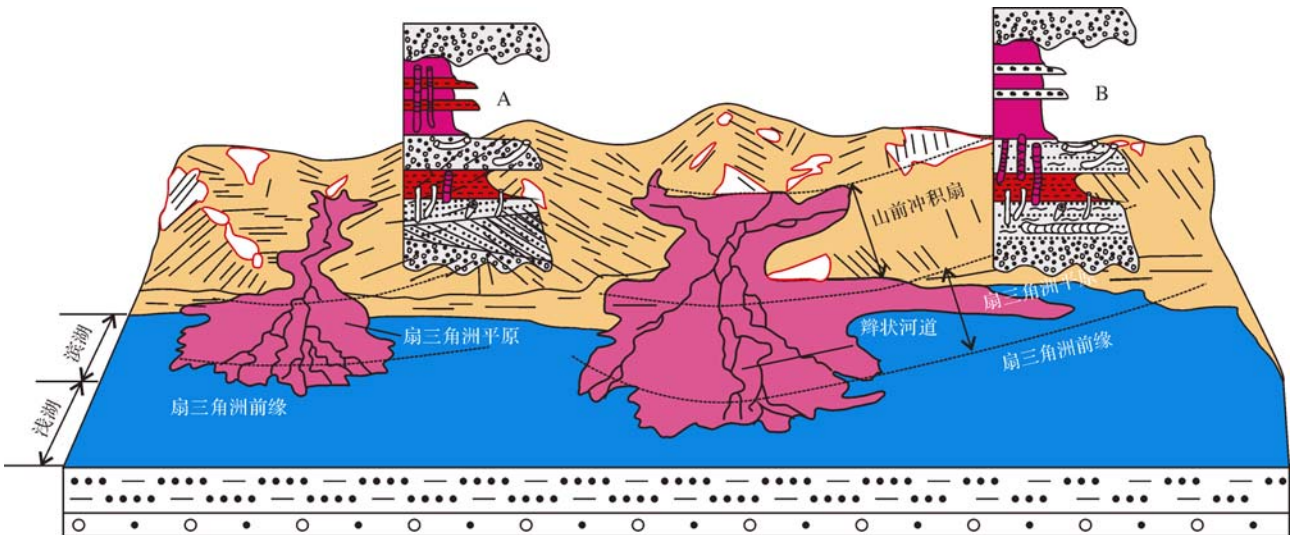


图8 豫西潭头盆地上白垩统秋扒组遗迹化石组合及其沉积环境模式

A. 湖泊扇三角洲平原—扇三角洲前缘沉积特征及遗迹化石组合;B. 滨、浅湖沉积序列及遗迹化石组合

Fig.8 Ichnofossil assemblages and sedimentary environmental models of the Upper Cretaceous Qiupa Formation in Tantou Basin of western Henan

A. The sequence feature and Ichnofossil assemblage of lacustrine fan delta plain-fan delta front deposits;
B. The sequence feature and Ichnofossil assemblage of shore-shallow lacustrine deposits

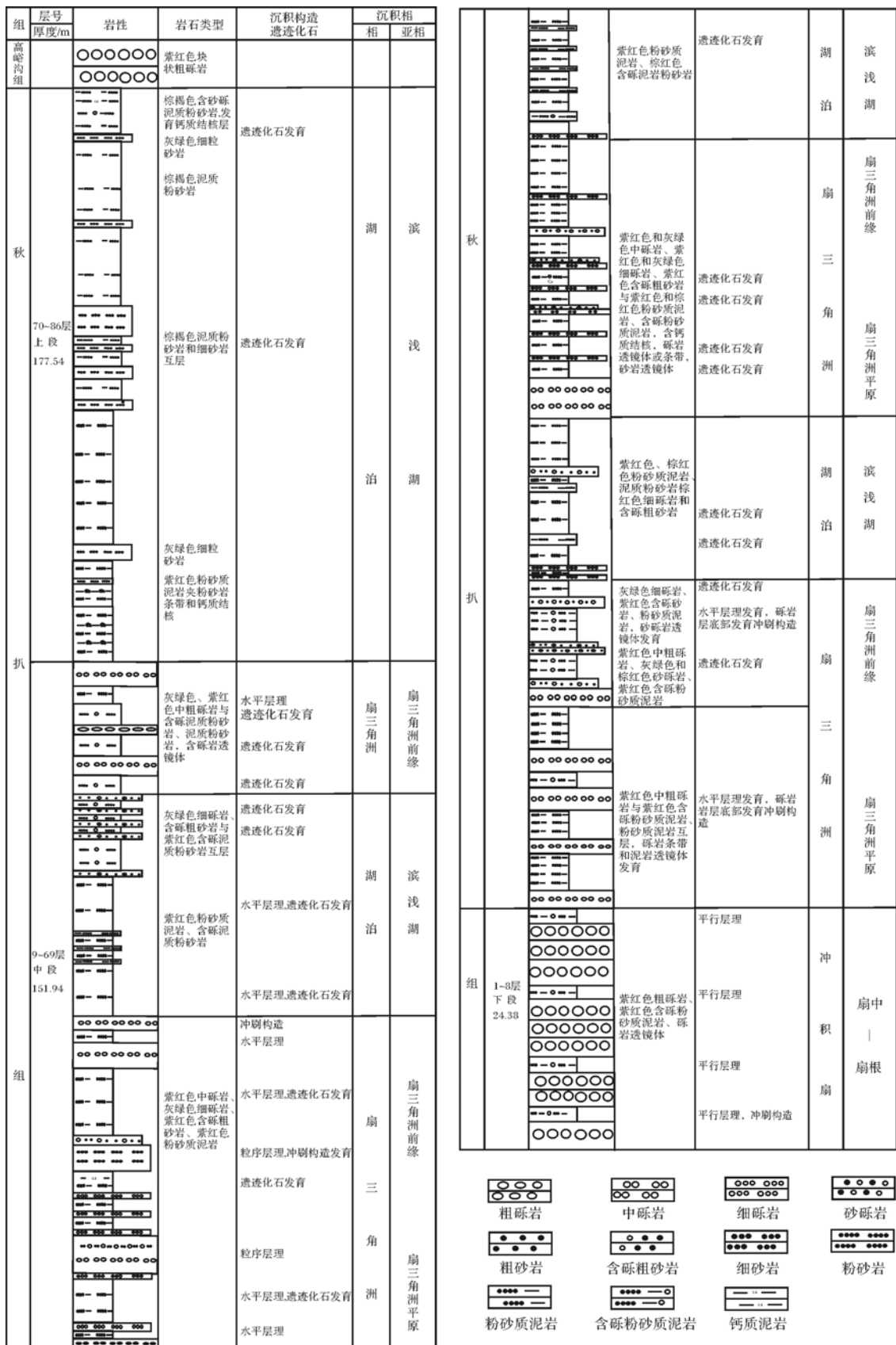


图 9 豫西潭头盆地上白垩统秋扒组岩相综合柱状图

Fig.9 Synthetical lithofacies column of the Upper Cretaceous Qiupa Formation in Tantou Basin of western Henan

滨湖、浅湖沉积环境。43~54层沉积环境与23~39层基本一致,也是一套扇三角洲平原和扇三角洲前缘的沉积环境。55~63由细砾岩、含砾粗砂岩、粉砂质泥岩与含砾泥质粉砂岩互层组成,沉积序列特征如图2E所示,*Planolites* 遗迹化石发育,为滨、浅湖的沉积环境。64~69层由灰绿色、紫红色中粗砾岩、含砾泥质粉砂岩、泥质粉砂岩组成,其沉积序列特征如图2C所示,*Palaeophycus*、*Planolites* 遗迹化石发育,应为扇三角洲前缘的沉积环境。上述特征表明该区间由于沉积物堆积速度小于盆地基底下降幅度,使得沉积环境发生了巨大的改变;由冲积扇相转变为湖泊扇三角洲相和湖泊相。

上段(70~86层)由泥岩、粉砂岩、细砂岩和细砾岩组成,沉积序列特征如图2D和图2E所示,细砂岩和粉砂岩中含多种遗迹化石,如在马窑村剖面(图1)中大量出现 *Beaconites antarcticus*、*Scoyenia gracilis*、*Planolites* ichnosp.2 和 *Skolithos* ichnosp. 等遗迹化石,且丰度较高,显然为一套滨湖、浅湖的沉积环境。

以上沉积演化特征表明,潭头盆地下白垩统秋扒组自下而上砂、砾粗碎屑夹层由多变少,泥质沉积增多,下部发育交错层理、透镜状层理和水平层理,上部发育水平层理和层面波痕,局部见有石膏薄层,沉积环境经历了冲积扇到扇三角洲再到湖泊的演化过程。总体来讲,下段形成于冲积扇沉积环境,中段和上段经历了四次湖泊扇三角洲(扇三角洲平原和扇三角洲前缘)和湖泊(滨、浅湖)沉积环境的旋回变化过程。

6 结论

本次研究工作通过实测地质剖面,采集、分析和鉴定了大量遗迹化石,较系统研究了豫西潭头盆地上白垩统秋扒组的沉积特征和遗迹化石组成特征,取得了以下三个方面的新进展:

(1) 依据其岩性、沉积构造、遗迹化石和沉积序列在垂向上的变化特征、划分出五种沉积序列类型。

(2) 发现遗迹化石5属6种,包括:*Palaeophycus tubularis*(管状古藻迹)、*Beaconites antarcticus*(南极似塔形迹)、*Planolites* ichnosp.1(漫游迹,未定种1)、*Planolites* ichnosp.2(漫游迹,未定种2)、*Scoyenia gracilis*(纤细斯柯茵迹)和 *Skolithos* ichnosp.(石针迹,未定种),另外还发现大量 *Rhizoliths*(根迹)。根据上述遗迹化石的产状及其围岩的沉积特征,建立了 *Beaconites-Scoyenia* 遗迹组合和 *Palaeophycus-Rhizoliths* 遗

迹组合,提出了遗迹化石组合的沉积环境分布模式。

(3) 基于沉积特征、沉积序列类型和遗迹化石组合特点分析,提出豫西栾川潭头盆地上白垩统秋扒组形成于冲积扇、扇三角洲和湖泊沉积环境,自下而上经历了冲积扇到扇三角洲再到湖泊的沉积环境演化过程。

参考文献 (References)

- 1 周世全,冯祖杰,李占扬. 河南省白垩系—古近系界线划分初探[J]. 地层学杂志,2001,25:235-240 [Zhou Shiquan, Feng Zujie, Li Zhanyang. Study on the Cretaceous-Paleogene boundary of Henan province [J]. Journal of Stratigraphy, 2001, 25: 235-240]
- 2 王德有,冯进城,朱世刚,等. 中国河南恐龙蛋和恐龙化石[M]. 北京:地质出版社,2008:115-116 [Wang Deyou, Feng Jincheng, Zhu Shigang, et al. Dinosaur Eggs and Skeletons from Henan Province in China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008:115-116]
- 3 江小均,柳永清,姬书安,等. 豫西栾川—潭头盆地含脊椎动物化石地层序列和 K/T 界线初步研究[J]. 中国科学(D辑):地球科学,2011,41(5):738-744 [Jiang Xiaojun, Liu Yongqing, Ji Shu'an, et al. Dinosaur-bearing strata and K/T boundary in the Luanchuan-Tantou Basin of western Henan province, China [J]. Science China (Series D): Earth Science, 2011, 41 (5): 738-744]
- 4 周世全,冯祖杰,张国建. 河南恐龙蛋化石组合类型及其地层时代意义[J]. 现代地质,2001,15(4):362-369 [Zhou Shiquan, Feng Zujie, Zhang Guojian. Oolithias assemblages in Henan province and its age significance [J]. Geoscience, 2001, 15(4): 362-369]
- 5 徐莉. 河南省恐龙化石科学特征及保护研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2007:1-120 [Xu Li. The scientific characters and protection of dinosaurs from Henan province [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2007: 1-120]
- 6 张国成,郭卫星,曾玉凤. 河南西峡盆地上白垩统河流及湖泊沉积中的遗迹组构[J]. 古地理学报,2004,6(4):434-441 [Zhang Guocheng, Guo Weixing, Zeng Yufeng. Ichnofabric characteristics of fluvial and lacustrine sediments of the Upper Cretaceous in Xixia Basin, Henan province [J]. Journal of Palaeogeography, 2004, 6(4): 434-441]
- 7 胡斌,齐永安,张国成,等. 中国中—新生代陆相沉积中的遗迹群落[J]. 沉积学报,2002,20(4):574-581 [Hu Bin, Qi Yong'an, Zhang Guocheng, et al. The ichnocoenoses of Mesozoic-Cenozoic terrestrial deposits of China [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20(4): 574-581]
- 8 王德有. 河南省几个中生代地层问题的讨论[J]. 地质评论,2013,59(4):601-606 [Wang Deyou. A discussion on some Mesozoic stratigraphic problems in Henan province [J]. Geological Review, 2013, 59(4): 601-606]
- 9 Lu Junchang, Xu Li, Zhang Xingliao, et al. New dromaeosaurid dinosaur from the Late Cretaceous Qiupa Formation of Luanchuan area, western Henan, China [J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26(7): 777-786

- 10 贾松海,吕君昌,徐莉,等. 河南栗川晚白至世秋扒组甲龙类化石的发现及意义[J]. 地质通报, 2010, 29(4): 483-487 [Jia Songhai, Lü Junchang, Xu Li, *et al.* Discovery and significance of ankylosaur specimens from the Late Cretaceous Qiupa Formation in Luanchuan, Henan, China[J]. Geological Bulletin of China, 2010, 29(4): 483-487]
- 11 Lü J, Kobayashi Y, Lee Y, *et al.* A new vertebrate assemblage from the Late Cretaceous of Luanchuan, Henan Province, China [J]. J Vertbr Paleontol, 2008, 28: 108A
- 12 Keighley D G, Pickerill R K. The ichnotaxa *Palaeophycus* and *Planolites*: historical perspectives and recommendations[J]. Ichnos, 1995, 3: 301-309
- 13 Frey R W, Pemberton S G, Fagerstrom J A. Morphological, ethological and environmental significance of the ichnogenera *Scoyenia* and *Ancorichnus*[J]. Journal of Paleontology, 1984, 58(2): 511-528
- 14 Buatois L A, Mangano M G. Trace fossils from Carboniferous floodplain deposits in western Argentina: implication for ichnofacies models of continental environments[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2002, 183(1/2): 71-86
- 15 Buatois L A, Mangano M G. Trace fossil analysis of lacustrine facies and basins[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1998, 140(1/2/3/4): 367-382

Ichnofossils and Sedimentary Environments of the Upper Cretaceous Qiupa Formation in Tantou Basin of Western Henan

WANG Chang-zheng¹ HU Bin^{1,2} YANG Kai¹

(1. Institute of Resources and Environment, Henan Polytechnic University, Jiaozuo, Henan 454000;

2. Key Laboratory of Biogenic Traces and Sedimentary Minerals of Henan Province, Jiaozuo, Henan 454000)

Abstract: The Upper Cretaceous Qiupa Formation in Tantou Basin of the western Henan province is a set of terrestrial clastic deposits. The lithology is mainly made up of thick-bedded or massive red brown silty mudstone in which intercalated beds are instability of graded bedding or massive gravel, sandy gravel or sandstone. Abundant ichnofossils were found in the strata, including *Palaeophycus tubularis*, *Beaconites antarcticus*, *Planolites* ichnosp.1, *Planolites* ichnosp.2, *Scoyenia gracilis*, *Skolithos* ichnosp., and Rhizoliths. According to the outcrop characteristics of these ichnofossils and the sedimentary features of their surrounding rocks, the *Beaconites-Scoyenia* ichnoassemblage and *Palaeophycus-Rhizoliths* ichnoassemblage were established and their sedimentary environmental models were proposed. The *Beaconites-Scoyenia* ichnoassemblage which is consisted of *Beaconites antarcticus*, *Scoyenia gracilis*, *Planolites* ichnosp. 2 and *Skolithos* ichnosp represents the shore and shallow lacustrine sedimentary environments. The *Palaeophycus-Rhizoliths* ichnoassemblage which is consisted of *Palaeophycus tubularis*, *Planolites* ichnosp.1, *Beaconites antarcticus* and Rhizoliths represents the lacustrine fan-delta plain to fan-delta front sedimentary environments. Based on the comprehensive analysis of the lithology, sedimentary structures, sedimentary sequences and ichnofossil assemblages of the strata, 5 types of depositional sequences are differentiated and the Qiupa Formation is explained to have formed sequentially from the alluvial fan to lacustrine fan delta and then to shore and shallow lake environments.. In addition, the evolution of sedimentary environments represented in the formation is discussed. The research results not only may enrich the ichnofossil database of terrestrial basins in China and offer new data to complete further continental ichnofacies mode, but also offer scientific evidence to explain the palaeobios survival and preserved palaeoenvironments in Tantou basins of western Henan.

Key words: Tantou Basin; terrestrial deposit; ichnofossil; sedimentary environment