

文章编号: 1000-0550(2009) 04-0573-10

豫西济源地区早三叠世和尚沟组湖相 遗迹化石及遗迹组构¹

胡 斌 杨文涛 宋慧波 王 敏 钟明洋

(河南理工大学资源环境学院 河南省生物遗迹与成矿过程重点实验室 河南焦作 454003)

摘 要 豫西济源地区早三叠世和尚沟组滨浅湖沉积中动物遗迹化石共鉴定出 9 个遗迹属 10 个遗迹种。包括 *Arenicolites* sp., *Beaconites coronus*, *Cylindricum* sp., *Palaeophycus heberti*, *Palaeophycus tubularis*, *Planolites* sp., *Pilonichnus* sp., *Scoyenia gracilis*, *Skolithos linearis* 和 *Taenidium barretti* 等。根据遗迹化石分布特征及沉积环境分析, 可识别出三种遗迹组构: 1) *Scoyenia* 遗迹组构, 反映了干旱气候条件下的滨湖沉积环境; 2) *Planolites*-*Taenidium* 遗迹组构, 属于湖泊水体逐渐变浅的浅湖沉积环境; 3) *Pilonichnus* 遗迹组构, 代表了水动力由弱到强的湖泊三角洲沉积环境。

关键词 济源 三叠纪 湖泊沉积环境 遗迹化石 和尚沟组

第一作者简介 胡斌 男 1952 年出生 教授 博士生导师 遗迹学与沉积学 E-mail: hul@hpu.edu.cn

中图分类号 Q911.28 **文献标识码** A

遗迹化石类型或组合的变化, 可以反映沉积基底性质、环境能量、沉积速率及变化、底层水化学性质以及水体深度, 因而遗迹化石的研究对古沉积环境的解释、层序界面的判断等有着重要的意义^[1-8]。与海洋沉积环境相比, 陆相沉积环境甚至更为复杂多变, 陆相遗迹化石的研究, 就更能突出它的重要作用。

豫西济源中生代沉积盆地中遗迹化石的研究, 前人已做了很多工作。黄长春和胡斌^[6]研究了豫西济源晚三叠世谭庄组含煤含油地层中的遗迹化石, 对中—低能河流、滨湖及半深湖或湖湾沉积环境的遗迹组构特征做了研究; 胡斌^[3, 6]对豫西济源盆地晚三叠世河流环境沉积类型和遗迹组构特征的研究, 指出了温暖潮湿和干旱这两种气候条件下河流沉积环境中遗迹化石在组成上的差异, 并提出 *Stip sellus* 遗迹组构可作为河流沉积的典型生物遗迹标志。张国成^[9, 10]在研究济源盆地晚三叠世谭庄组上段湖相沉积及遗迹化石时, 推测谭庄组上段湖相沉积反映出的强烈季节性可以用潘加亚巨型季风影响的设想模式解释。齐永安^[4]对豫西济源中三叠世油房庄组遗迹化石, 建立了 6 种高能砂质滨湖沉积中的遗迹组构和 3 种极浅湖泥岩夹粉砂岩中的遗迹组构。

本文首次研究了该盆地早三叠世和尚沟组遗迹化石及遗迹组构, 初步探讨了该组沉积环境及干旱气候条件下湖相遗迹化石的组成特征, 这对阐明该盆地

中生代早期的沉积演化提供了新的生物遗迹信息。

1 地质背景

济源盆地位于河南省西北部(图 1), 发育一套较完整的中生代地层。由于印支及燕山构造运动的影响, 盆地由中生代早期的凹陷盆地逐步演化为晚侏罗世—白垩纪的断陷盆地。其沉积环境大致经历了由河流→湖泊→河流→湖泊的演化过程。

和尚沟组属早三叠世沉积的一套以鲜红、紫红色砂质页岩、粉砂岩为主, 夹暗紫红色细粒石英砂岩及数层细砾岩条带, 厚 100 m。在细砂岩及细砾岩中发育大型楔状、板状交错层理及平行层理, 在粉砂岩、砂质泥岩中发育缓波状、波状层理, 在泥岩中可见泥裂。本组属干热气候条件下的滨、浅湖相沉积, 与上覆二马营组和下伏刘家沟组呈整合接触。

从整个和尚沟组沉积史来看, 沉积物颜色继承了早期的鲜红、暗紫红色, 反映该组沉积物沉积时, 气候继续干燥。然而, 在这种干燥气候条件下, 湖泊水体并没有变浅的趋势, 由沉积物颗粒大小来看, 从下到上是逐渐变细的, 这证明湖泊水体反而在一步一步加深。由于下部砾石条带的频繁出现, 说明洪流事件频繁, 向湖泊注入大量的水体, 沉积环境由滨湖不断发展为浅湖, 水动力强度也随着减小, 水面变得平静。

¹ 科技部《重大基础研究前期研究专项》(批准号: 2005CCA05000)、河南省“遗迹化石与地球生物学”高校科技创新团队支持计划项目资助。
收稿日期: 2008-08-26 收修稿日期: 2008-10-27

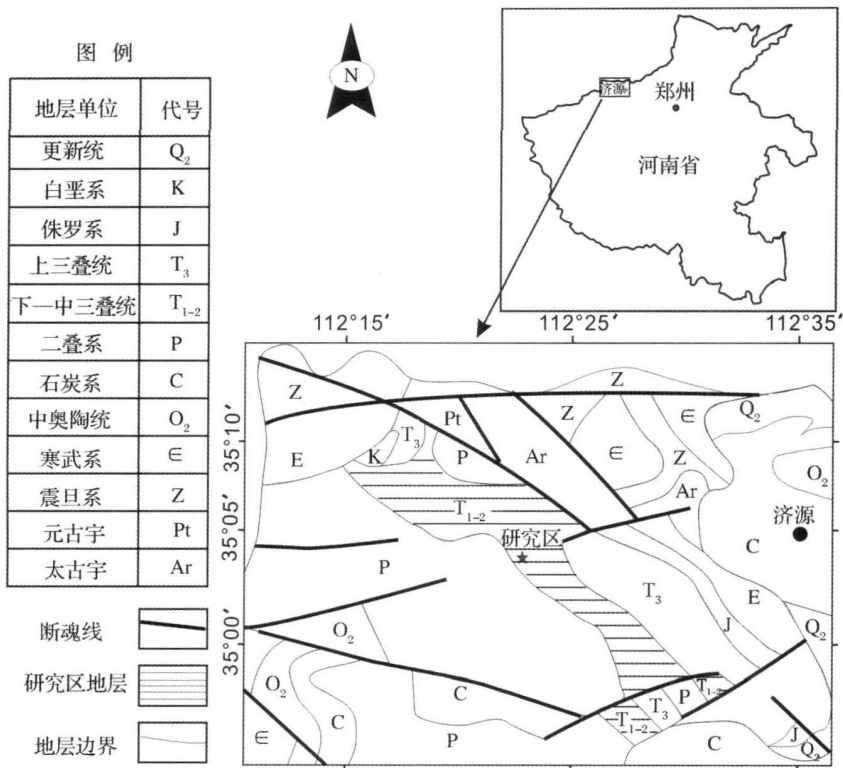


图 1 研究区位置及地质背景略图

Fig 1 Location and geologic setting of the study area

2 实测地层

本次实测和尚沟组地层, 位于济源西部王屋山南 15 km 处, 主要岩性及遗迹化石组成特征 (图 2) 描述如下:

上覆地层: 二马营组 —整合—

9 底部为紫红色细砾岩、含泥砾, 砾石分选好, 磨圆度中等, 直径 2~5 mm, 发育楔状交错层理, 中间为紫红色粉砂质泥岩, 上部夹一层泥岩, 顶部为紫红色粉砂岩, 生物扰动较强。产遗迹化石: *Palaeophycus tubularis*, *Taenidium Barretti*, *Beaconites coronus*, *Cylindricum* isp, *Psilonichnus* isp, *Arenicolites* isp 等。
15.4 m

8 下部为砖红色薄层状粉砂岩, 底部为一层 10 cm 厚的细砾岩条带, 中间为砖红色粉砂质泥岩, 含大量钙质结核, 上部为砖红色泥质粉砂岩夹一层 10 cm 厚的细砾岩条带。发育波状层理、楔状交错层理。产遗迹化石: *Skolithos linearis*, *Palaeophycus tubularis* 等。
8.9 m

7 下部为紫红色薄层状粉砂岩, 中部为砖红色泥质粉砂岩夹粉砂质泥岩, 上部为紫红色粉砂质泥岩夹

一薄层泥质粉砂岩, 水平层理发育。产遗迹化石: *Skolithos linearis*, *Beaconites coronus* 等。
11.8 m

6 浅紫红、紫红色薄层状粉砂质泥岩, 夹浅紫红、紫红色泥质粉砂岩, 水平层理发育。产遗迹化石: *Beaconites coronus* 等。
7.5 m

5 砖红色薄层状泥质粉砂岩, 夹浅紫红色粉砂岩, 发育缓波状层理, 底部含砾石, 分选中等, 磨圆度较差, 最大直径小于 3 cm, 产遗迹化石: *Panolithes* isp, *Palaeophycus tubularis* 等。
7.3 m

4 浅紫红色薄层状粉砂岩, 中部夹砖红色、浅紫红色粉砂质泥岩及一层 10 cm 厚的细砾岩条带。砾石分选中等, 磨圆度较差, 直径约 2 cm。产遗迹化石: *Palaeophycus tubularis*, *Taenidium Barretti*, *Beaconites coronus*, *Scoyenia gracilis*, *Skolithos linearis* 等。
9.8 m

3 下部浅紫红色薄层状粉砂岩, 中间夹 1.2 m 厚砖红色泥质粉砂岩, 上部为砖红色粉砂质泥岩, 含大量钙质结核。粉砂岩中平行层理发育, 产遗迹化石: *Palaeophycus tubularis*, *Scoyenia gracilis* 等。
10.5 m

2 砖红色薄层粉砂质泥岩, 中部夹一层 1.2 m 厚的粉砂岩。粉砂质泥岩中发育大量钙质结核, 具水平

层理。产遗迹化石: *Planolites* isp 等。 7.5 m

1 紫红色、砖红色厚层状细砂岩, 中间夹粉砂质泥岩、泥质粉砂岩及数层细砾岩条带。粉砂质泥岩中发育大量钙质结核, 砾石分选一般, 呈次圆状, 直径小于 3 cm。可见平行层理及楔状交错层理。产遗迹化石: *Palaeophycus heberti* *Skolithos linearis* *Scoyenia gracilis* *Beaconites coronus*等。 20.4 m

下伏地层: 刘家沟组 ———— 整合 ————

3 遗迹化石描述

本次工作发现, 该盆地下三叠统和尚沟组滨浅湖沉积中遗迹化石较丰富, 按生态或造迹生物的行为习性分类, 以居住迹、进食迹为主, 其中居住迹有 *Arenicolites* -

olites isp, *Cylindricum* isp *Palaeophycus heberti* *Palaeophycus tubularis*, *Psilonichnus* isp 和 *Skolithos linearis*, 进食迹有 *Beaconites coronus* *Planolites* isp, *Scoyenia gracilis*和 *Taenidium barretti*等。根据个体遗迹化石分析推测, 其造迹生物多为昆虫类、十足类、环节动物和节肢动物等。

这些遗迹化石多以全浮痕或上浮痕的方式保存在细砂岩、粉砂岩或粉砂质泥岩中。细砾岩条带中不见遗迹化石, 说明生物无法在此种高能环境中生存。

对观察和采集到的大量遗迹化石, 经过仔细辨认和鉴定, 共有 9 属 10 种, 分别描述如下:

Ichnogenus *Arenicolites* Salter 1857

Arenicolites isp (图版 ①-B¹)

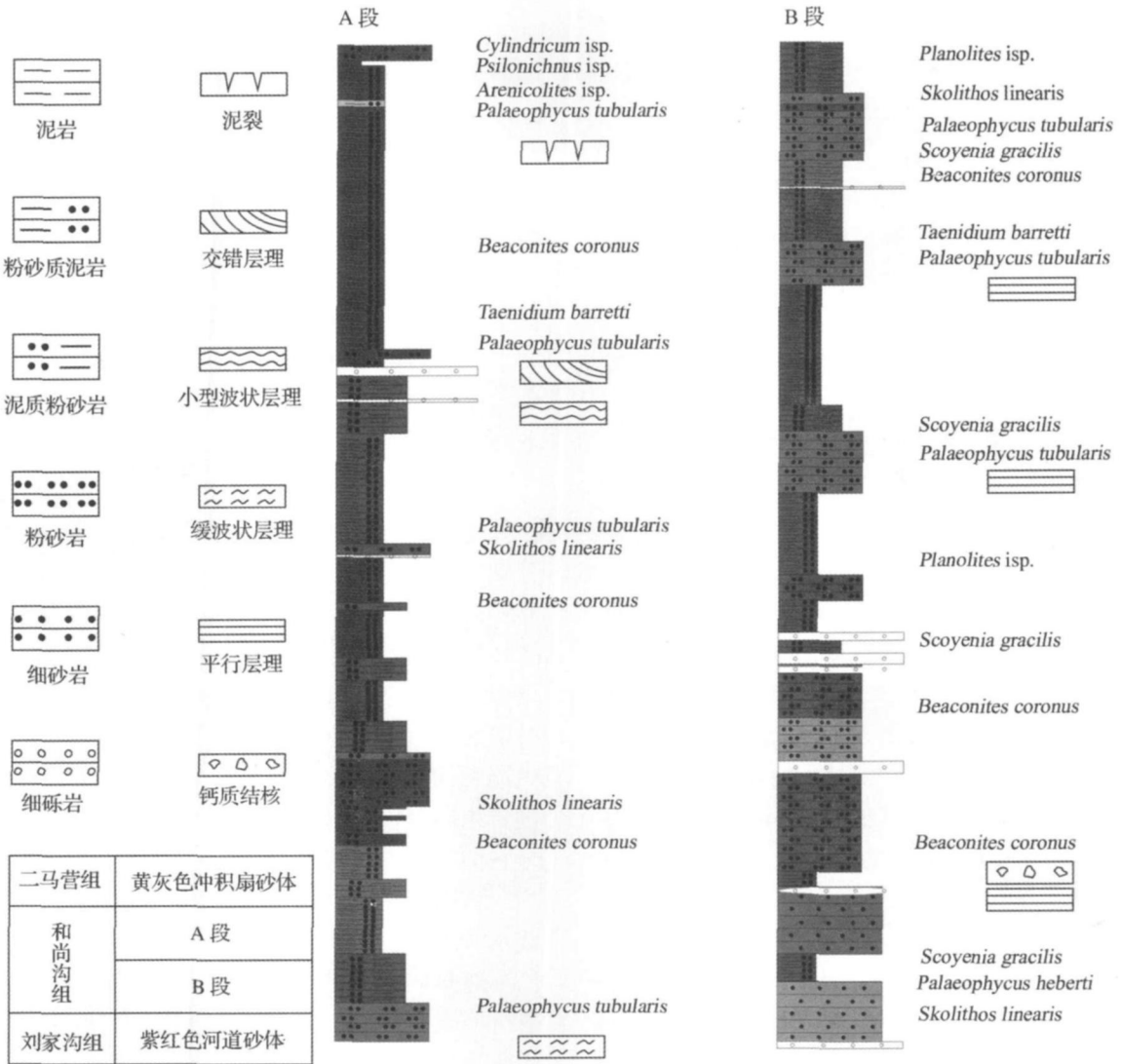


图 2 济源地区下三叠统和尚沟组岩性及遗迹化石特征

Fig 2 The characteristics of lithologic and ichnofossil composition of the Lower Triassic Heshangou Formation in Jiyuan area

描述: 简单无蹼状构造的 U 形潜穴, U 形管垂直于层面。单管直径 1 mm, 两管间相距约 1 cm。被动充填, 充填物砂质含量较多。

讨论: *Arenicolites* 与 *Diplocraterion*, *Rhizocorallium* 均为 U 形潜穴, 区别是 *Diplocraterion* 垂直于层面, 并具蹼状构造, 管口在层面之上略突出; *Rhizocorallium* 亦具有蹼状构造, 但与层面平行或略倾斜。

Arenicolites 的沉积环境, 以往多在低能滨岸混合潮坪环境中发现, 近年来在我国陆相地层中也有发现, 李应暹等^[10]在辽河盆地古近系中发现有 *Arenicolites* 为一种水体氧化条件好, 水流能量较低或中等的沉积环境; 郑玉龙等^[11]在松辽盆地上白垩统中发现 *Arenicolites*, 反映水能量较低的浅水环境。此处发现的 *Arenicolites* 与 *Psilonichnus* 共生, 其形成在湖泊三角洲沉积环境中。

产地及层位: 豫西济源王屋山地区早三叠世和尚沟组顶部。

Ichnogenus *Beaconites* Vialby 1962

Beaconites coronus Vialby 1962(图版 iv-A, B)

描述: 直一弯曲型进食潜穴, 不分枝。衬壁清楚。长 4 cm, 直径 5 mm。主动充填, 具新月型回填纹构造, 回填纹宽度明显窄于潜穴直径。与层面平行或斜交。

讨论: 具有新月形的这类遗迹化石一直存在着争议, 特别是 *Beaconites*, *Taenidium* 和 *Ancorichnus*。Bumby^[13]认为 *Ancorichnus* 中心带具有“U”型回填纹并与侧壁回填纹的方向相反。Keighley 和 Pickerill^[14]修订了 *Beaconites* 这个遗迹属, 将是否存在较厚的衬壁来作为区分 *Beaconites* 和 *Taenidium* 的标志。然而, 这一提法受到很多学者的质疑, 主要是 Vialby^[15]对 *Beaconites* 的描述并没有提到像 *Scoyeni* 或 *Ancorichnus* 那样有清楚的衬壁, Retallack^[16]认为新月型回填构造特征, 是鉴别他们的有效标志。这里采用 Keighley 和 Pickerill 的区分方法, 即 *Beaconites* 有衬壁, 而 *Taenidium* 没有。

Beaconites 遗迹属有三个遗迹种: *Beaconites antarcticus*, *B. capronus* 和 *B. coronus*, 其中, *B. capronus* 回填构造具“V”型; *B. antarcticus* 和 *B. coronus* 均为“U”型, 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。

该遗迹化石出现在低能浅水条件下, 并周期性暴露陆表。

产地及层位: 豫西济源王屋山地区早三叠世和尚沟组。

Ichnogenus *Cylindricum* Link, 1949

Cylindricum isp (图版 iv-C)

描述: 试管状大型垂直潜穴, 下端圆而不尖, 外壁清晰, 光滑。潜穴被动充填, 充填物与围岩不同。长 4~5 cm, 直径 13 mm, 全浮痕保存。

讨论: 该遗迹保存在浅紫红色粉砂岩中, 充填物为紫红色泥岩。该遗迹化石在和尚沟组中并不多见, 与 *Psilonichnus* 一起出现, 其代表的沉积环境二者相同。

产地及层位: 豫西济源王屋山地区早三叠世和尚沟组上部。

Ichnogenus *Palaeophycus* Hall 1847

Palaeophycus heberti Saporta 1872(图版 iv-D)

描述: 直一弯曲型潜穴, 潜穴横断面呈圆、亚圆状。长 3~4 cm, 宽 6~8 mm。潜穴具较厚衬壁并呈暗红色, 似含铁物质。被动充填, 充填物与围岩相同, 与层面平行或斜交。

Palaeophycus tubularis Hall 1847(图版 iv-E, F)

描述: 直一弯曲型潜穴, 潜穴横断面呈亚圆状, 外壁光滑。长 6 cm, 宽 6~8 mm。潜穴具衬壁。被动充填, 充填物与围岩相同, 与层面平行或斜交。

讨论: *Palaeophycus* 与 *Planolites* 也是易混淆的两种化石, Keighley 和 Pickerill^[14]认为潜穴的大小和分支情况不能用来识别 *Palaeophycus* 与 *Planolites*, 它们的区别重要是存在 (*Palaeophycus*) 或不存在 (*Planolites*) 潜穴壁^[13, 17], *Palaeophycus* 通常出现在固底底层中, 对于衬壁的出现, Melchor 等^[18]将 *Palaeophycus* 衬壁的作用解释为: 阻止水分从逐渐变干燥的沉积物中流失, 而不是用来加固潜穴。亦有学者将充填物与围岩相同 (*Palaeophycus*) 或不相同 (*Planolites*) 作为区分它们的主要标志。

该遗迹化石广泛出现的环境在河流、泛滥平原、浅水湖泊中。

这里应提出的是, 国内学者对 *Palaeophycus* 的生态分类观点不一, 有的定为居住迹^[9], 也有的认为是进食迹^[19]。根据一些外文资料来看, Penberton 和 Frey^[20]、Buatois 和 Mangano 等^[21]认为该遗迹化石是居住迹, 亦有可能为进食迹兼居住迹二种行为, 但更多的时候表现为居住迹。

产地及层位: 豫西济源王屋山地区早三叠世和尚沟组。

Ichnogenus *Planolites* Nicholson 1873

Planolites isp (图版 ㊸-A)

描述: 沿岩层面分布的水平潜穴, 无衬壁, 充填物与围岩不同, 其颜色比之围岩较深, 粒度更细。长 5 ~ 6 cm, 直径 3~ 4 mm。在层面不规则分布, 有时相互穿插。

讨论: Pemberton 和 Frey^[20] 认为该遗迹属可划分出 3 个遗迹种: *Planolites montanus*, *P. beverlegensis* 和 *P. annularis* 其中, *P. annularis* 具有环状纹饰。*P. montanus* 和 *P. beverlegensis* 是依据大小来区分的, 前者直径一般不超过 5 mm, 而后者直径平均 8mm。Buatois 和 Mangano^[22] 认为在陆相环境中, 该遗迹的造迹生物是节肢动物。

该遗迹可以广泛生活在辫状河三角洲平原、湖岸、浅水等环境, 具有穿相性。

产地及层位: 豫西济源王屋山地区早三叠世和尚沟组中部。

Ichnogenus *Psilonichnus* Fursich 1981

Psilonichnus isp (图版 ㊸-B④)

描述: 直—弯曲型垂直潜穴, 潜穴中上部出现向上分支, 呈 Y 型。无衬壁, 充填物与围岩不同, 含泥质较多。长 10cm, 直径 5~ 10 mm。

讨论: 其潜穴形态从 I—J—U—Y 型到不规则型都有, 一般认为其造迹生物是两种十足甲壳类: 虾和螃蟹。近年来, *Psilonichnus* 遗迹群落和 *Psilonichnus* 遗迹相已经用来代表后滨沙丘沉积环境。然而, 该遗迹在河口沉积等陆相环境中也有发现^[22]。此处发现的 *Psilonichnus* 遗迹化石出现在湖泊三角洲沉积环境中。

产地及层位: 豫西济源王屋山地区早三叠世和尚沟组顶部。

Ichnogenus *Scoyenia* White 1929

Scoyenia gracilis White 1929(图版 ㊸-C)

描述: 直或弯曲的细长潜穴, 衬壁不清晰。长可达 50 cm, 宽 3~ 4 mm, 与岩层面平行, 常相互交叉但不分支, 外壁有抓痕, 内部可见半月形充填的回填沉积物。

讨论: *Scoyenia* 的原始描述现在已经不清楚了,

Goldring 和 Pollard^[24] 发现了与 *Scoyenia gracilis* 近似的潜穴并认为其与 *Beaconites antarcticus* 是有联系的。对于该遗迹属的造迹生物有不同的认识, Frey 等^[25] 认为其造迹生物为节肢动物, Alessandro 等^[26] 认为是昆虫和多毛目环节动物, 也有些学者认为是十足类甲壳动物。

Scoyenia 一般认为在经常干旱条件下的低能极浅水湖泊与冲积平原或三角洲平原分流河湾的浅水湖泊是其典型的沉积环境。

产地及层位: 豫西济源王屋山地区早三叠世和尚沟组中、下部。

Ichnogenus *Skolithos* Haldemann 1840

Skolithos linearis Haldemann 1840(图版 ㊸-D)

描述: 垂直针状潜穴, 横断面呈圆形或亚圆形, 外壁光滑, 无衬壁, 被动充填。长 5 cm, 直径 4 mm。内迹保存, 与层面垂直或斜交。

讨论: 该遗迹属作为滨海相典型代表分子, 在陆相高能沉积环境中亦频繁出现, 其保存不仅反映造迹者的行为习性, 还受到很多因素的影响(包括埋藏和沉积过程)^[13]。造迹者通常认为是环节动物或帚虫动物的居住潜穴。

产地及层位: 豫西济源王屋山地区早三叠世和尚沟组。

Ichnogenus *Taenidium* Heer 1877

Taenidium barretti (Bradshaw, 1981) (图版 ㊸-E, F)

描述: 直—微弯曲型进食潜穴, 不分支, 可见长度 5 cm, 直径 1 cm。无衬壁。主动充填, 具新月形回填纹构造, 回填纹宽度明显窄于潜穴直径。内迹保存, 与层面呈高角度斜交。

讨论: *Taenidium* 与其它具有新月形回填纹潜穴一样, 形成在一种潮湿的底层中, Keighley 和 Pickerill^[17] 提到 *Taenidium* 保存为全浮痕并呈现多节现象。

Taenidium 可划分出四个遗迹种: *Taenidium serpentinum*, *T. cameronensis*, *T. satanassi* 和 *T. barretti*, *T. serpentinum* 和 *T. satanassi* 新月形回填纹构造呈“U”型, 但 *T. serpentinum* 新月形宽度和潜穴宽度大致相等, 而 *T. satanassi* 新月形宽度比潜穴宽度小得多; *T. cameronensis* 和 *T. barretti* 新月形回填纹构造呈近“V”型, 但 *T. cameronensis* 新月形宽度大于潜穴宽度, 而 *T. barretti* 新月形宽度远小于潜穴宽度。

该遗迹属亦分布广泛, 可在海、陆永久水下低能

环境中出现,陆相环境中的遗迹化石主要有节肢动物或多足类动物产生^[27]。

产地及层位:豫西济源王屋山地区早三叠世和尚沟组中、上部。

4 遗迹化石分布及遗迹组构

济源中生代沉积盆地下三叠统和尚沟组遗迹化石的分布具有一些明显的特征:首先,在该组湖泊沉积早期,一些遗迹化石占据着明显的统治地位,在地层中频繁出现,然而却在 该组沉积的中、晚期消失。比如 *Scoyenia gracilis* 和 *Palaeophycus heberti*, *Scoyenia gracilis* 的消失,可能原因是由于水体的不断加深,造成该地区不再暴露到地表,促使其造迹生物迁移到水浅的地方造迹,而 *Palaeophycus heberti* 的消失就有些有趣,取代它的是 *Palaeophycus tubularis*,前者保存在暗红色的砂质岩层中,其衬壁清晰可见,并含铁质,后者基本上保存在颜色较浅的粉砂岩中,衬壁不清晰,整体物质与围岩相同,可能的解释是:早期气候干燥,沉积物中水分大量流失,造迹生物需要建造一个厚的衬壁潜穴来阻止水分的流失,随着水体的加深,造迹生物的这种意图也可以随之消失。然后是一些遗迹化石的阶段性出现,比如 *Skolithos linearis*, *Skolithos linearis* 出现在极细砂岩层中,这种高能环境下的产物,代表了一次事件沉积或是水下扇环境。随着沉积的演化,像 *Planolites isp.*, *Taenidium barretti*, *Psilonichnus isp.* 和 *Arenicolites isp.* 这些遗迹化石都相继出现。*Planolites isp.*, *Taenidium barretti* 的出现在很大程度上是由于水体变深的结果,而 *Psilonichnus isp.* 与 *Arenicolites isp.* 共生,这类居住迹,一般生活在滨岸环境中,由于底层固结度较好,又有水流的不断补充,提供了其造迹生物居住的良好环境。也有些遗迹化石在整个沉积史中都有分布,比如 *Beaconites coronus*, 这种化石对水体深度要求不很严格,造迹者可以在浅水下生活,也可以在暴露的地表中生存。

按上述遗迹化石的产状特征,可将和尚沟组滨湖沉积环境中遗迹化石划分为三种遗迹组构:*Scoyenia* 遗迹组构、*Planolites—Taenidium* 遗迹组构和 *Psilonichnus* 遗迹组构。

1) *Scoyenia* 遗迹组构

该遗迹组构主要发育在和尚沟组沉积早期的细砂中,底层有一定的固结,细砾岩条带出现频繁,组成分子包括: *Scoyenia gracilis*, *Palaeophycus heberti*, *Skolithos linearis* 和 *Beaconites coronus*, 这些遗迹化石能够

在水动力较强的环境中生存,以 *Scoyenia gracilis* 的首次出现为开始,水流淹没了曾经暴露的地表, *Palaeophycus heberti* 和 *Skolithos linearis* 相继出现,造迹生物开始活跃,此时,底层生物扰动强烈,待到水动力稍微小点, *Beaconites coronus* 也移居过来,生物扰动强度达到顶峰。该遗迹组构代表了一种处于周期性水流条件下的滨湖沉积环境(图 3)。

岩性柱	岩石类型	层理类型	遗迹化石	沉积环境
	粉砂质泥岩		<i>Beaconites</i> <i>Scoyenia</i> <i>Palaeophycus</i>	浅湖
	粉砂岩			
	细砂岩	平行层理	<i>Skolithos</i>	滨湖
	细砾岩	楔状交错层理		

图 3 *Scoyenia* 遗迹组构

Fig 3 *Scoyenia* ichnofabric

2) *Planolites—Taenidium* 遗迹组构

该遗迹组构主要发育在和尚沟组中、上部的粉砂及粉砂质泥岩沉积中,底层还未达到固结状态,组成分子包括: *Planolites isp.*, *Taenidium barretti*, *Palaeophycus tubularis*, *Scoyenia gracilis* 和 *Skolithos linearis*, 该遗迹组构则以 *Planolites isp.* 的出现为开始,此时,湖泊水体已相对较深,水体较安静,适合 *Planolites isp.* 和 *Taenidium barretti* 等这些造迹生物生活,但其生物扰动强度与之前相比,较弱,原因在于水体变深之后,水动力也随之减小,便于沉积物快速沉积,生物扰动时间受到限制。随后, *Palaeophycus tubularis*, *Scoyenia gracilis* 和 *Skolithos linearis* 造迹生物开始活动,但并没有出现能够指示沉积底层暴露的标志性遗迹化石或岩性特征,推测,该遗迹组构代表了湖泊水体较浅的浅湖沉积环境,是一种水下环境(图 4)。

岩性柱	岩石类型	层理类型	遗迹化石	沉积环境
	粉砂岩	缓波状层理	<i>Scoyenia</i> <i>Palaeophycus</i>	滨湖
	粉砂质泥岩			
	粉砂岩	平行层理	<i>Skolithos</i> <i>Planolites</i>	水下扇
	粉砂质泥岩			

图 4 *Planolites—Taenidium* 遗迹组构

Fig 4 *Planolites—Taenidium* ichnofabric

3) *Psilonichnus* 遗迹组构

该遗迹组构主要发育在和尚沟组上部的粉砂岩沉积中, 底层由未固结到固结状态, 组成分子包括: *Arenicolites* isp, *Psilonichnus* isp, *Beaconites coronus*, *Cylindricum* isp, *Taenidium barretti* 和 *Palaeophycus tubularis*。该遗迹组构发育在二马营组黄灰色厚层砂岩下部, 由于河流冲击的强水流原因, 打破了原来适合 *Beaconites coronus* 和 *Taenidium barretti* 造迹生物生活的安静环境, 水流带来了丰富的营养物质, 为 *Palaeophycus tubularis* 造迹生物提供了良好的生存场地, 而水流不断冲洗, 将松散的沉积物带走, 使早已固结的底层暴露出来, *Cylindricum* isp、*Psilonichnus* isp 和 *Arenicolites* isp 的造迹生物则正是需要这种固底来掘穴。所以, 该遗迹组构代表了水动力由弱到强的湖泊三角洲沉积环境 (图 5)。

岩性柱	岩石类型	层理类型	遗迹化石	沉积环境
	细砂岩	楔状交错层理 平行层理		二马营组 河口冲积扇
	粉砂岩	平行层理	<i>Cylindricum</i> <i>Psilonichnus</i> <i>Arenicolites</i> <i>Palaeophycus</i>	湖泊三角洲
	粉砂质泥岩	水平层理	<i>Beaconites</i> <i>Taenidium</i>	浅湖

图 5 *Psilonichnus* 遗迹组构

Fig 5 *Psilonichnus* ichnofabric

5 结论

(1) 豫西济源地区早三叠世和尚沟组属一套干旱气候条件下, 滨浅湖沉积。发现 2 大类 9 属 10 种遗迹化石, 其中居住迹有 *Arenicolites* isp, *Cylindricum* isp, *Palaeophycus heberti*, *Palaeophycus tubularis*, *Psilonichnus* isp 和 *Skolithos linearis* 进食迹有 *Beaconites coronus*, *Planolites* isp, *Scoyenia gracilis* 和 *Taenidium barretti* 这些遗迹化石多为全浮痕或上浮痕保存, 其丰度较高, 而分异度较低, 生物扰动中等—强烈。

(2) 对该组遗迹化石特征进行了分析和讨论, 总结出了三种遗迹组构: *Scoyenia* 遗迹组构、*Planolites*—*Taenidium* 遗迹组构和 *Psilonichnus* 遗迹组构, 分别代表了干旱气候条件下滨湖、浅湖及湖泊三角洲沉积环境。

参考文献 (References)

1 张建平, 李明路. 遗迹学研究现状及其在层序地层学中的应用潜力 [J]. 沉积学报, 2000a, 18(3): 389-394 [Zhang Jianping, Li Minglu

Advances in ichnology and its potential for sequence stratigraphy [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(3): 389-394]

2 张建平, 薛叔浩, 杨式溥, 等. 新疆吐哈盆地侏罗纪湖相动物遗迹化石的发现及古环境意义 [J]. 现代地质, 2000b, 14(3): 373-378 [Zhang Jianping, Xue Shuhao, Yang Shifu, et al. Discovery of Jurassic lacustrine trace fossils and their paleoenvironmental significance from Turpan-Hami Basin, Xinjiang [J]. Geoscience-Journal of Graduate School, China University of Geosciences, 2000, 14(3): 373-378]

3 胡斌, 张国成, 郭卫星, 等. 豫西济源谭庄组河流沉积中的 *Stipsellus* 遗迹组构 [J]. 煤田地质与勘探, 2004, 32(3): 1-4 [Hu Bin, Zhang Guocheng, Guo Wexing, et al. The *Stipsellus* ichnofabric in the fluvial deposits of Upper Triassic Tanzhuang Formation in Jiyuan, Western Henan [J]. Coal Geology & Exploration, 2004, 32(3): 1-4]

4 齐永安, 胡斌, 张国成, 等. 豫西济源地区中三叠世油房庄组遗迹组构及其环境解释 [J]. 沉积学报, 2007, 25(3): 372-379 [Qi Yong'an, Hu Bin, Zhang Guocheng, et al. Ichnofabrics and their environmental interpretation from Middle Triassic Youfangzhuang Formation, Jiyuan Region, Western Henan Province [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(3): 372-379]

5 施振生, 胡斌, 张新培. 山东省东北部车镇凹陷古近系沙河街滨浅湖沉积中的遗迹群落 [J]. 古生物学报, 2005, 44(1): 96-104 [Shi Zhensheng, Hu Bin, Zhang Xinpei. Ichnocoenosis of shore-shallow lacustrine Shahejie Formation (Paleogene) in Chezheng Sag, Jiyang Depression of Bohaiwan Basin, Shandong [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 2005, 44(1): 96-104]

6 黄长春, 胡斌, 济源上三叠统含煤含油地层中痕迹组构 [J]. 河南石油, 1998, 5: 5-7 [Huang Changchun, Hu Bin. The Ichnofabrics of the coal and oil-bearing strata in Upper Triassic in Jiyuan [J]. Henan Petroleum, 1998, 5: 5-7]

7 胡斌, 黄长春, 张宏敏, 等. 豫西济源晚三叠世河流沉积类型及生物痕迹组构特征 [J]. 河南地质, 2000, 18(3): 176-180 [Hu Bin, Huang Changchun, Zhang Hongmin, et al. The types of fluvial deposits and its Ichnofabric feature from the Upper Triassic Epoch of Jiyuan Basin, Western Henan [J]. Henan Geology, 2000, 18(3): 176-180]

8 施振生, 杨威, 郭长敏, 等. 遗迹化石在层序地层学研究中的应用 [J]. 地层学杂志, 2008, 32(1): 79-84 [Shi Zhensheng, Yang Wei, Guo Changmin, et al. The application of trace fossils to the research of sequence stratigraphy [J]. Journal of Stratigraphy, 2008, 32(1): 79-84]

9 张国成, 曾玉凤, Buatois L A, 等. 济源盆地谭庄组 (T₂₋₃) 上段湖相沉积及遗迹化石特征 [J]. 沉积学报, 2005, 23(1): 100-107 [Zhang Guocheng, Zeng Yufeng, Buatois L A, et al. Lacustrine deposits and associated trace fossils in the upper part of the Tanzhuang Formation (T₂₋₃), Jiyuan Basin, Henan Province [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2005, 23(1): 100-107]

10 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 Wexing, 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]

- 11 李应暹, 卢宗盛, 王丹, 等. 辽河盆地陆相遗迹化石与沉积环境研究 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 1-44 [Li Yingxian, Lu Zongsheng, Wang Dan, *et al.* Continental Trace Fossils and Sedimentary Environments in Liaohe Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996: 1-44]
- 12 郑玉龙, 陈春瑞, 任林伟. 松辽盆地上白垩统陆相遗迹化石及其沉积环境 [J]. 古地理学报, 2005, 7(3): 337-346 [Zheng Yulong, Chen Chunrui, Ren Linwei. Continental trace fossils and their sedimentary environments of the Upper Cretaceous in Songliao Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 2005, 7(3): 337-446]
- 13 Brumley R G. Trace Fossils-Biology, Taphonomy, and Applications 2nd edition [C]. Chapman & Hall London, 1996: 361
- 14 Keighley D G, Pickerill R K. The ichnogenus *Beaconites* and its distinction from *Ancorichnus* and *Taenidium* [J]. Palaeontology, 1994, 37: 305-337
- 15 Vilov O S. Problematika of the Beacon Sandstone at Beacon Heights West Antarctica [J]. New Zealand Journal of Geology and Geophysics, 1962, 5: 718-752
- 16 Retallack G J. Compaction of Devonian lycopsid stems from the Beacon Heights Orthoquartzite, southern Victoria Land [J]. United States Antarctic Journal, 1997, 30(5), 42-44
- 17 Keighley D G, Pickerill R K. The ichnotaxa *Palaeophycus* and *Planolites*: historical perspectives and recommendations [J]. Ichnos, 1995, 3: 301-309
- 18 Melchor R N, Bedatou E, Vakis S, *et al.* Lithofacies distribution of invertebrate and vertebrate trace-fossil assemblages in an Early Mesozoic ephemeral fluvio-lacustrine system from Argentina: Implications for the *Scyenia* ichnofacies [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2006, 239: 253-285
- 19 张喜林, 朱筱敏, 郭长敏, 等. 苏北盆地高邮凹陷古近系戴南组滨浅湖沉积中的遗迹化石 [J]. 沉积学报, 2006, 24(1): 81-89 [Zhang Xilin, Zhu Xiaomin, Guo Changmin, *et al.* Trace fossils of Shore-shallow Lacustrine Dainan Formation (Paleogene) in Gaoyou Sag, Subei Basin, Jiangsu Province [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(1): 81-89]
- 20 Pemberton S G, Frey R W. Trace fossil in enclosure and the *Planolites Palaeophycus dikema* [J]. Journal of Paleontology, 1982, 56: 843-871
- 21 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: 71-86
- 22 Buatois L A, Mangano M G. Trace fossils from a Carboniferous turbiditic lake: implications for the recognition of additional non-marine ichnofacies [J]. Ichnos, 1993, 2: 237-258
- 23 Marshall P, Trewhin N, Hartley A. Ichnofossils of the *epsilon* ichnofacies and their palaeoecological and paleoenvironmental significance in the Scottish Middle Jurassic [J]. Ichnos, 2002, 9: 95-108
- 24 Goldring R, Pollard J E. A re-evaluation of *Ophiomorpha* burrows in the Wealden Group (Lower Cretaceous) of Southern England [J]. Cretaceous Research, 1995, 16: 665-680
- 25 Frey R W, Pemberton S G, Fagerstrom J A. Morphological, ethological and environmental significance of the ichnogenus *Scyenia* and *Ancorichnus* [J]. Journal of Paleontology, 1984, 58: 511-528
- 26 Alessandro D A, Ekdal A A, Picard M. Trace fossils in fluvial deposits of the Duchesne River Formation (Eocene), Uinta Basin, Utah [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1987, 61: 285-301
- 27 Draganits E, Braddy S J, Briggs E G. A Gondwanan coastal arthropod ichnofauna from the Muth Formation (Lower Devonian, Northern India): paleoenvironment and trace maker behavior [J]. Palaeos, 2001, 16: 126-147

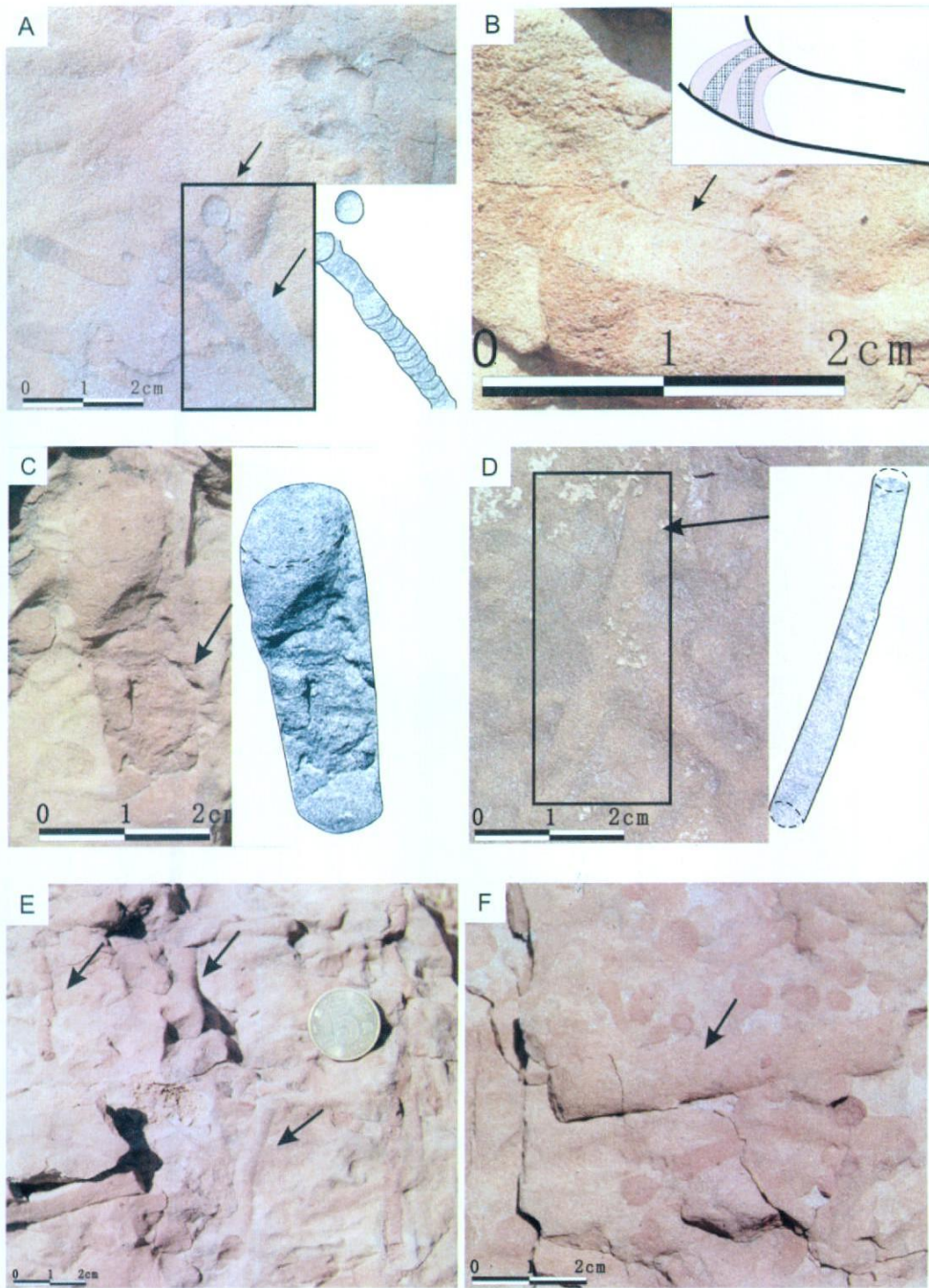
Trace Fossils and Ichnofabrics in the Heshanggou Formation of Lacustrine Deposits, Jiyuan Area, Henan Province

HU Bin YANG Wen-tao SONG Huibo WANG Min ZHONG Ming-yang

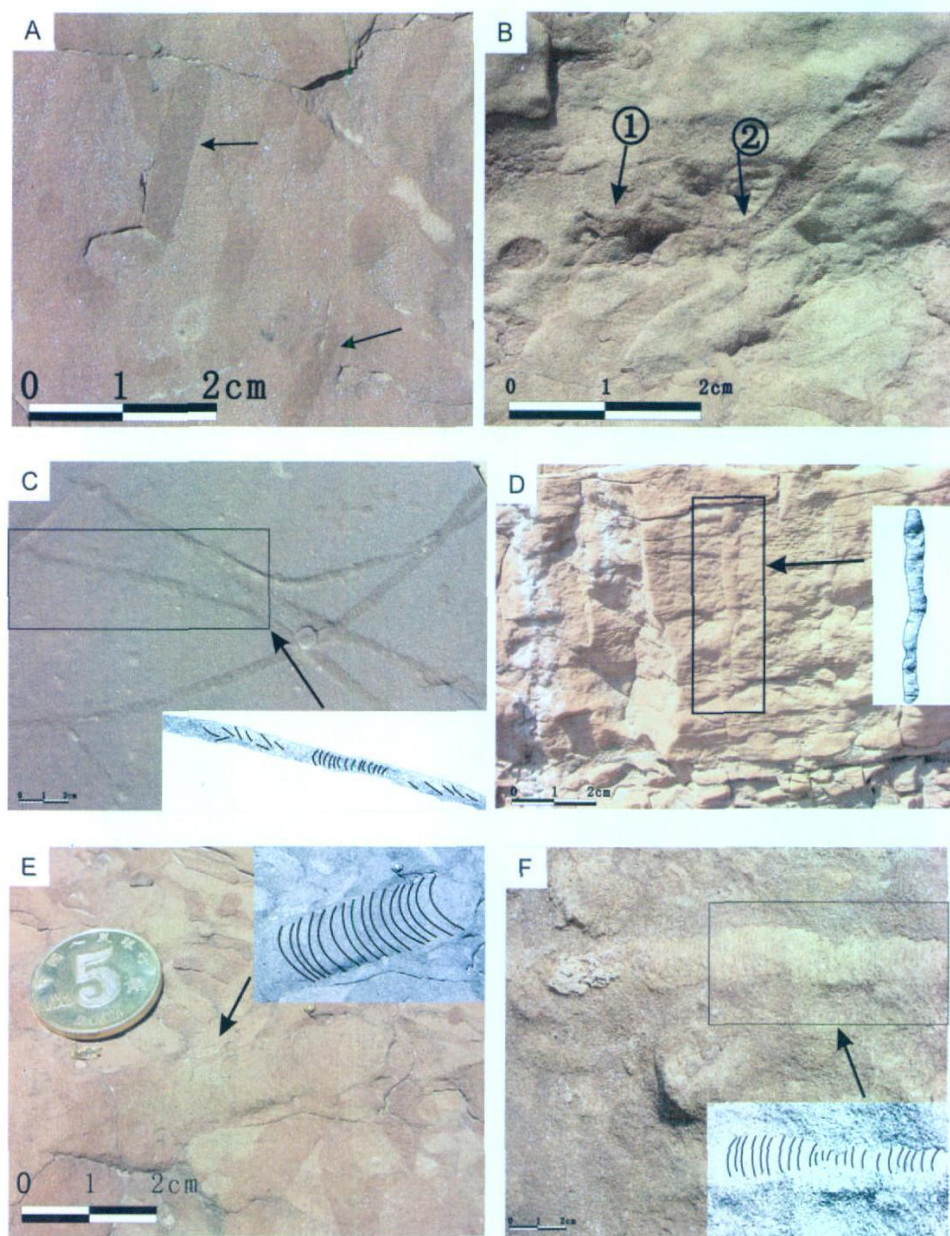
(Institute of Resources & Environment, Henan Polytechnic University, Jiaozuo Henan 454003)

Abstract The trace fossils in the Heshanggou Formation consist of at least 9 ichnogenus and 10 ichnospecies, namely, *Arenicolites* isp., *Beaconites coronus*, *Cylindricum* isp., *Palaeophycus heberti*, *Palaeophycus tubularis*, *Planolites* isp., *Ptilonichnus* isp., *Scyenia gracilis*, *Skolithos linearis* and *Taenidium barretti*. Based on the distribution of trace fossils and analysis of palaeoenvironment, three ichnofabrics are recognized: 1) *Scyenia* ichnofabric, which represents shore lacustrine depositional environment under arid climate; 2) *Planolites-Taenidium* ichnofabric, which formed in a shallow lacustrine sedimentary environment and the substrate did not expose to the surface; 3) *Ptilonichnus* ichnofabric, which generated in a lacustrine delta sedimentary environment and shows the hydrodynamic becoming more and more strongly in sequence.

Key word Jiyuan Basin, Triassic, Lacustrine sedimentary environment, trace fossil, Heshanggou Formation



图版 iv 说明: A、B 平面上 *Beaconites coronus* 产于豫西济源地区和尚沟组, 整个沉积时期都出现; C: 垂面上 *Cylindricum* sp 产于豫西济源地区和尚沟组顶部; D: 平面上 *Palaeophycus heberti*, 产于豫西济源地区和尚沟组底部; E、F: 平面上 *Palaeophycus tubularis* 产于豫西济源地区和尚沟组中、上部。



图版 ① 说明: A: 平面上 *Planolites* isp., 产于豫西济源地区和尚沟组中、上部; B: 垂面上 *Arenicolites* isp., 产于豫西济源地区和尚沟组顶部; B': 垂面上 *Psilonidmus* isp., 产于豫西济源地区和尚沟组顶部; C: 平面上 *Scoyenia gracilis*, 产于豫西济源地区和尚沟组中、下部; D: 垂面上 *Skolithos linearis* 产于豫西济源地区和尚沟组粉砂岩、极细砂岩中; E、F: 平面上 *Taenidium barretti* 产于豫西济源地区和尚沟组。