

文章编号: 1000-0550(2007) 03-0372-08

豫西济源地区中三叠世油房庄组遗迹组构及其环境解释

齐永安¹ 胡 斌¹ 张国成¹ 龚一鸣^{1,2}

(1 河南理工大学资源环境学院 河南焦作 454003; 2 中国地质大学地学院 地质过程与矿产资源国家重点实验室 武汉 430074)

摘 要 河南济源地区中三叠世油房庄组发育了一套滨浅湖相的砂泥岩沉积,在该组上段紫红色与黄绿色砂泥岩沉积中发现了大量的遗迹化石。其中高能砂质滨湖沉积中识别出 6 种遗迹组构:斑状生物扰动组构、*Skolithos* isp. - *Planolites montanus* 组构、*Skolithos verticalis* 组构、*Planolites beverleyensis* 组构、*Skolithos* isp 组构和 *Palaeophycus annulatus* 遗迹组构,它们可归入陆相 *Skolithos* 遗迹相;极浅湖泥岩夹粉砂岩沉积中识别出 3 种遗迹组构: *Skolithos linearis* 遗迹组构、*Taenidium barretti* 遗迹组构和植物根迹组构,它们可归入陆相 *Scoyenia* 遗迹相。

关键词 滨浅湖相沉积 遗迹组构 济源地区 油房庄组

第一作者简介 齐永安 1963 年出生 教授 博士 遗迹学与沉积学 E-mail: qiy@hpu.edu.cn

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

遗迹组构是指沉积物(岩石)中生物扰动和生物侵蚀作用所遗留下来的总体结构和内部构造特征,是各期扰动生物在沉积物中活动历史的最终记录^[1]。它是物理过程和生物过程相互作用的产物。与传统的遗迹化石研究方法不同,遗迹组构分析更强调生物活动与沉积物之间的相互关系。特别是近几年来 BIRNBY^[2]将底栖生物群落垂向分带的概念应用到遗迹组构的研究中去,遗迹学研究不再局限于遗迹化石的识别、鉴定和解释,而扩展到沉积物中遗迹化石之间在时间和空间上的相互关系,以及不同深度(或梯阶)的遗迹化石的保存可能性与特定条件等方面。加之对无法辨认形态的生物扰动基底的重视,遗迹组构分析更能充分利用沉积物中的遗迹学信息,因而更能精确地解释沉积环境,并能解释传统的遗迹相分析感到困惑的问题,如浅海相与深海相遗迹化石共生于同一层沉积物中的情况等。

遗迹组构的概念自 1985 年提出以来,其研究成果主要来源于海相地层,而在陆相地层则应用较少^[3-5]。我国东部发育了众多的中生代陆相盆地,这为陆相遗迹组构的研究提供了得天独厚的条件。

1 地质背景

济源地区发育了一套连续沉积的中生代陆相地层,包括中三叠世油房庄组、晚三叠世椿树腰组和谭庄组、早侏罗世鞍腰组、晚侏罗世杨树庄组和马凹组,

沉积环境从曲流河、滨浅湖逐渐变深为半深湖、深湖环境,而后又变浅为滨浅湖,最后演变为辫状河环境。前人曾对晚三叠世和早侏罗世地层中的遗迹化石进行了详细的研究^[6-10],但中三叠世油房庄组中的遗迹化石尚未有详细的报道。中三叠世油房庄组厚 600 m 左右,主要为一套半干旱气候或氧化条件下的河、湖相沉积。按岩性可分为上下两段。上段为灰黄、黄绿色中厚层—厚层状细砂岩,钙质粉砂岩夹少量薄层紫红色钙质泥岩、粉砂岩;下段为黄绿色细砂岩,钙质粉砂岩与紫红色钙质泥岩、粉砂岩不等厚互层,偶夹薄层绿色泥岩。遗迹化石主要发育在黄绿色细砂岩、紫红色钙质泥岩、粉砂岩中。此外,本组还含有丰富的植物化石,主要为有节类,真蕨类属种单调,种子蕨类、苏铁类及银杏类十分贫乏。

2 遗迹组构及其环境解释

2.1 高能砂质滨湖相中的遗迹组构

该类遗迹组构以垂直居住洞穴为重要特征,主要由短的垂直或高角度倾斜的悬层居住洞穴构成,伴有水平分布的沉积进食洞穴,代表分子有 *Skolithos linearis*, *S. verticalis*, *Skolithos* isp., *Planolites beverleyensis*, *P. montanus*, *Helminthopsis* isp. 和斑状生物扰动构造,可分成六个遗迹组构(图 1):

1)斑状生物扰动组构:发育在中厚层黄绿色细砂岩中,斑状生物扰动构造呈浅黄色,而未遭受生物

扰动的围岩呈黄绿色, 由于强烈扰动, 细砂岩不显任何层理, 单个遗迹化石也难以识别。上述特征说明在砂质滨湖地带, 底层提供给造迹生物的殖居窗长, 这个窗口呈连续地开放状态, 反映砂岩沉积速率比较稳定, 造迹生物有充分的时间在砂质沉积中活动, 留下强烈的扰动组构 (图版 -1)。

2) *Skolithos* sp. - *Planolites montanus* 遗迹组构: 发育在薄层黄绿色、紫红色细砂岩中, 由两期生物扰动形成的复合遗迹组构组成。第一期以水平进食潜穴 *Planolites montanus* 的密集分布为特征, 伴随有少量的 *Planolites beverleyensis* 和 *Helmithopsis* sp. 等; 后期为 *Skolithos* sp. 造迹生物形成的垂直居住潜穴, 并切穿了第一期的水平进食潜穴。 *Skolithos* sp. 直径 2 ~ 5 mm, 延伸长度大于 30 mm, 发育有明显的壁衬, 壁衬由紫红色的细砂岩组成, 而潜穴内充填为黄绿色细砂岩。潜穴大小的不一致可能与不同甲壳动物或同类甲壳动物的不同龄幼体建造有关。潜穴密集或孤立产出, 根据野外观察, 最大产出密度可达数百个 / m², 密度可以和海相垂直管砂岩相比。 *Planolites montanus* 直径 2 mm, 延伸长度 10~ 20 mm, 严格分布在紫红色细砂岩层面上, 潜穴充填物为下伏地层的黄绿色细砂岩。 *Helmithopsis* sp. 直径 5 mm, 在细砂岩层面上呈高弯曲度分布, 充填物特征与 *Planolites montanus* 相同。在可见到的层面上, 水平分布的 *Planolites montanus* 和 *Helmithopsis* sp. 被 *Skolithos* sp. 的垂直管所切穿 (图版 -3 4), 反映前者形成较早, 而 *Skolithos* sp. 造迹生物是从上覆地层向下掘穴的。该遗迹组构主要产于具平行层理的细砂岩中, 细砂岩呈薄板状, 层厚一般为 10~ 20 mm, 局部可厚达数十厘米。每一个薄板状平行细砂层代表温暖潮湿气候条件下形成的黄绿色细砂岩, 沉积速率高; 而薄板状平行细砂层之间则为干旱、半干旱气候条件下形成的紫红色极薄细砂岩层, 紫红色砂层形成之后, 沉积环境稳定, 沉积速率不高, 生物沿紫红色细砂岩层面觅食, 留下水平分布的 *Planolites montanus* 和 *Helmithopsis* sp. *Skolithos* sp. 造迹生物靠吃悬浮物来维持生命活动, 由于沙质沉积物松散未固结, 为防止潜穴坍塌, 造迹生物必须分泌粘液来支撑潜穴, 紫红色的壁衬说明 *Skolithos* sp. 和水平分布的 *Planolites montanus* 和 *Helmithopsis* sp. 一样, 其造迹生物也生活在干旱、半干旱气候条件下, 生物死亡或离开后留下的潜穴空间被上覆沉积速率较高的黄绿色细砂岩所充填。由此可见, *Skolithos* sp. - *Planolites montanus*

us 组构形成在 高能软基底的砂质滨湖环境, 遗迹化石的形成与干旱、半干旱气候条件有关。

该遗迹组构之下发育为中粗砂岩和底部砾石层的砂砾质滨湖沉积。中粗砂岩中发育楔状交错层理 (图版 -6), 并向上递变为平行层理。砂质沉积是滨湖相带中发育最广泛的沉积物, 他们主要都是在汛期被河流带到湖中, 又被波浪和湖流搬运到滨湖带堆积下来的。由于经过河流的长距离搬运, 又经过湖浪的反复冲刷, 一般都具有较高的成熟度, 分选磨圆度都比较好。主要成分为石英、长石等, 也混有一些重要矿物。砾石层中的砾石为紫红色成岩泥砾, 呈叠瓦状排列, 有较好的磨圆度, 扁平砾石最大扁平面向湖倾斜, 最长轴多平行岸线分布 (图版 -6)。砾质沉积发育在陡峭的湖岸, 砾石来自裸露而成岩的下伏紫红色泥岩层。由于湖岸基岩遭受风化剥蚀及风浪的冲击而剥落、崩塌, 就地堆积在岸边, 在波浪、湖流的反复筛选下可形成磨圆度和分选性非常好的砾石滩, 在地层中呈透镜状层出现。

3) *Skolithos verticalis* 遗迹组构: 该组构发育在黄绿色细砂岩夹紫红色极薄细砂层中, 只有 *Skolithos verticalis* 一类遗迹化石。 *Skolithos verticalis* 直径 2~ 3 mm, 延伸长度较短, 一般为 5~ 10 mm。潜穴充填物随上覆地层沉积物的变化而变化。当造迹生物从上部的紫红色极薄细砂层与下部的黄绿色细砂岩界面处向下掘穴时, 潜穴充填物为紫红色细砂岩; 反之, 潜穴充填物为黄绿色细砂岩。 *Skolithos verticalis* 主要分布在紫红色极薄细砂层上下 5~ 10 mm 范围内的沉积物中, 而远离紫红色极薄细砂层则未发现任何遗迹化石 (图版 -1), 这说明在干旱、半干旱气候条件下, 沉积环境稳定, 沉积速率不高, 底栖内生动物在这种相对平静的时期进入砂质底层, 留下 *Skolithos verticalis* 遗迹组构, 但受其扰动改造的地层厚度不大, 扰动密度也不高, 说明造迹生物殖居窗较小, 沉积环境稳定期较短, 潮湿气候条件下的黄绿色沉积迅速掩埋和阻断了造迹生物的活动。

4) *Planolites beverleyensis* 遗迹组构: 该组构发育在黄绿色细砂岩夹紫红色极薄细砂层中, 以 *Planolites beverleyensis* 的密集发育为特征。 *Planolites beverleyensis* 呈直或略弯曲, 直径为 2~ 8 mm, 延伸长度较长, 一般为 50~ 80 mm, 不同龄幼体的造迹生物建造了个体大小不一的潜穴, 但在层面上呈水平状分布的多为个体较大的潜穴。在层面上, 除了水平或近水平状展布的潜穴外, 还密集地分布着直径大小不一的潜

穴管, 这些潜穴管有时可切穿水平展布的潜穴, 如果不仔细观察, 很容易将其鉴定为垂直潜穴, 但实际上是 *Planolites beverleyensis* 造迹生物在厚度较小的底层沉积物内上下进食, 留下的倾斜分布的进食构造, 其在层面上即是一个圆形或椭圆形潜穴管 (图版 -8)。生物扰动尽管非常密集, 但其扰动厚度不大, 主要分布在紫红色极薄细砂岩层之下 10 mm 厚的沉积物内, 说明造迹生物生活在与紫红色沉积物相关的干旱、半干旱气候条件下, 此时沉积物沉积速率较小, 底栖内生动物只有在相对平静的时期进入砂质底质进行扰动改造。和 *Skolithos verticalis* 组构一样, 潮湿气候条件下的快速沉积迅速掩埋和阻断了造迹生物的活动。

5) *Skolithos isp* 遗迹组构: 该遗迹组构由两期生物扰动形成的复合遗迹组构组成。最早形成的 *Skolithos isp* 大小均匀, 直径 5~6 mm, 延伸长度一般为 40~50 mm。潜穴发育有明显的壁衬, 壁衬由紫红色的铁锰氧化物组成, 而潜穴内充填为浅黄色细砂岩, 说明造迹生物的活动与铁锰氧化物成因有关, 潜穴被废弃后才充填为上覆地层的浅黄色细砂岩。

第二期为在铁锰氧化物层内营造的垂直或倾斜潜穴, 潜穴充填物与围岩相同。这类潜穴对早期形成的 *Skolithos isp* 进行扰动改造, 切割并破坏部分早期形成的垂直潜穴。在局部层段, 造迹生物还对早期形成的垂直潜穴重新挖掘, 并充填为紫红色铁锰氧化物, 造成一个潜穴管下部充填为浅黄色细砂岩, 而上部则充填为紫红色铁锰氧化物的奇特现象 (图版 -7)。

该遗迹组构形成在具平行层理的浅黄色薄板状细砂岩与紫红色铁锰氧化物层交替沉积中。铁锰氧化物形成在干旱、半干旱气候条件下强烈动荡的沉积环境中, 而浅黄色薄板状细砂岩则与潮湿气候条件下的高能环境有关。由此可见, 该遗迹组构形成在沉积速率不大、潮湿与干旱、半干旱气候交替控制的砂质湖岸环境中。

6) *Palaeophycus annulatus* 遗迹组构: 该遗迹组构发育在棕红色粉、细砂岩中, 由 *Palaeophycus annulatus* 一种遗迹化石组成。*Palaeophycus annulatus* 为一种外表具有环形纹饰的悬食居住潜穴, 直径 4~5 mm, 延伸长度大于 50 mm, 充填物与围岩相同, 多呈垂直或高角度倾斜分布 (图版 -2 3)。该遗迹组构形成在完全由干旱、半干旱气候控制的砂质湖岸环境中。

上述遗迹组构均形成在砂质滨湖环境, 代表湖相

高能滨岸 *Skolithos* 遗迹相。该遗迹相所反映的群落适应高水动力条件和移动砂质底质, 在此只有较深梯序的生物成因构造才可保存下来, 代表生活在移动砂质底质中底栖内生群落特征的埋藏相, 形成在具有上述条件的诸多环境中, 尤其是滨岸高能环境中。*Bronley* 等^[11]曾提出 *Arenicolites* 遗迹相, 包括部分事件层遗迹群落和发育于高能河道、以波浪为主的湖岸带、湖泊三角洲河口坝中的 *Skolithos Arenicolites* 和逃逸构造等。问题是难以将 *Arenicolites* 遗迹相和赛氏的 *Skolithos* 遗迹相区别开来。因此, 本文同意作者之一张国成教授的意见, 将非海相高能遗迹组合作为 *Skolithos* 遗迹相的特例处理。

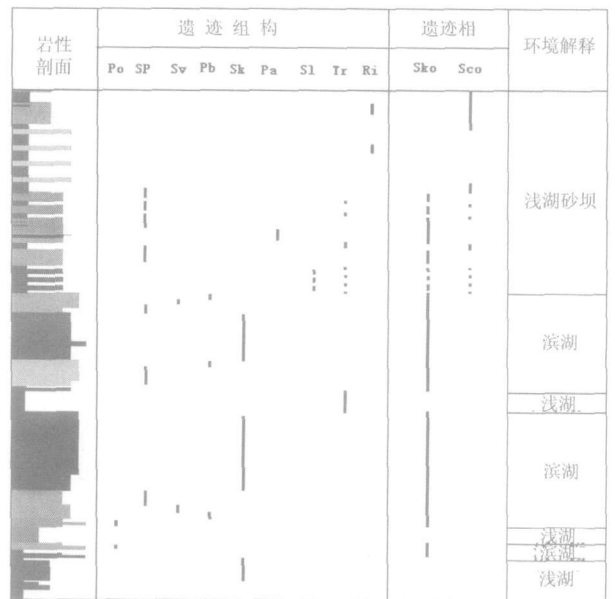


图 1 济源地区中三叠世油房庄组下段遗迹组构特征与环境解释

Po- 斑状生物扰动组构, SP- *Skolithos isp* - *Planolites montanus* 组构, Sv- *Skolithos verticalis* 组构, Pb- *Planolites beverleyensis* 组构, Sk- *Skolithos isp* 组构, Pa- *Palaeophycus annulatus* 组构, S1- *Skolithos linearis* 组构, Tr- *Taenidium barretti* 组构, Ri- 植物根迹组构; Sko- *Skolithos* 遗迹相, Sco- *Scoyenia* 遗迹相。

Fig 1 Ichnofabric features and environmental interpretation from lower part of Middle Triassic Youfangzhuang Formation, Jiyuan Region

Po- Porphyrific bioturbation ichnofabric SP- *Skolithos isp* - *Planolites montanus* ichnofabric Sv- *Skolithos verticalis* ichnofabric Pb- *Planolites beverleyensis* ichnofabric Sk- *Skolithos isp* ichnofabric Pa- *Palaeophycus annulatus* ichnofabric S1- *Skolithos linearis* ichnofabric Tr- *Taenidium barretti* ichnofabric Ri- rizooliths ichnofabric; Sko- *Skolithos* ichnofacies Sco- *Scoyenia* ichnofacies

2.2 极浅湖相中的遗迹组构

1) *Skolithos linearis* 遗迹组: 该遗迹组以发育短小的垂直居住潜穴为特征, 由单个遗迹化石 *Skolithos linearis* 构成。该遗迹化石主要产于紫红色沙纹交错层理粉砂岩中。*Skolithos linearis* 直径 3 mm, 延伸长度约 10~15 mm, 呈较短的垂直潜穴。潜穴大小均一, 不发育壁衬, 潜穴充填物为紫红色粉砂质泥岩, 而围岩为灰黄色粉砂岩。该组发育在砂纹交错层理粉砂岩中, 每层粉砂岩上部都覆盖有极薄的紫红色粉砂质泥岩层或泥质条带中。在两层砂纹交错层理粉砂岩间隔的泥岩层形成时, 为造迹生物殖居窗, 此时底质环境稳定, 水动力较弱, 造迹生物有充分的时间对泥质底质及下伏的砂纹交错层理粉砂岩掘穴, 留下与泥质层相同的潜穴充填物 (图版 -7)。

2) *Taenidium barretti* 遗迹组: 该遗迹组主要由小型、水平、具新月形回填构造的进食潜穴组成, 主要组成分子有 *Taenidium barretti*, *Planolite montanus*, *Planolite beverleyensis*, *Palaeophycus tubularis*, *Skolithos* sp。

该组发育在暗紫红色泥岩、粉砂质泥岩中, 以 *Taenidium barretti* 的大量发育为特征。*Taenidium barretti* 单个潜穴直或微弯曲, 与层面平行或略斜交, 具有清晰的内部回填纹饰, 呈新月形, 紧密排列在一起。潜穴无外壁, 直径 1~5 mm 不等, 最大者直径为 8 mm, 潜穴长一般 2~6 cm, 最长者可达 12 cm。可见不同个体的潜穴之间相互穿插, 通常为大个体者切穿小个体者, 分布比较密集, 内迹保存 (图版 -4, 5)。 *Planolites montanus* 和 *Skolithos linearis* 也大量保存在该遗迹组中, 二者呈现一种复杂的切穿关系, 在同一块标本中, 可见到有时前者截切后者, 有时则相反 (图版 -6)。在有些标本中则只能见到 *Skolithos linearis* 切穿 *Planolite beverleyensis* 的现象。这说明该遗迹组殖居窗时间较长, 造迹生物有充分的时间对底质及先期形成的遗迹化石进行改造, 留下复杂分布的 *Planolites-Skolithos* 混合遗迹层。与泥岩、粉砂质泥岩相伴生的物理沉积构造有水平层理和缓波状层理, 局部层段发育波痕。该遗迹组合主要由水平分布的进食迹组成, 遗迹组合的丰度及分异度均较高, 指示水体含氧量较高, 底质营养物质丰富, 造迹生物不需要采用一定的进食模式, 也可获得大量营养物质, 代表均衡生物群落活动留下的复杂而稳定的遗迹群落。

3) 植物根迹组: 该组发育在紫红色粉砂岩、粉砂质泥岩中。植物根迹个体形态不清晰, 主要保存为根模, 直径 3 mm, 长度为 10~20 mm, 在地层中杂

乱无章的分布, 有时可看到未完全氧化的碳质模芯, 根模颜色明显深于围岩。与根模伴生的有少量钙质结核。结核呈不规则团块状, 形态各异, 粒径较小, 直径一般小于 30 mm。这类根模经过了较长时间的反复冲洗作用, 呈现异地埋藏特征。由于水体动荡, 氧化作用强烈, 根系或分枝根在植物体死亡之后被氧化, 木质素腐烂后多数被后期沉积物所充填, 形成根模, 局部仍可见到炭质模芯 (图版 -8)。根据上述特征, 该组形成在水体动荡的浅覆水湖泊环境。

Taenidium barretti 遗迹组和植物根迹组可归入 *Scoyenia* 遗迹相。*Scoyenia* 遗迹相最早由 Seilacher 提出, 代表“非海相砂岩、页岩”, 通常是红层中的遗迹化石组合^[12]。后来, 产于各种非海相环境中的各种遗迹化石组合被不加区分地归入 *Scoyenia* 遗迹相, 使之实际上变成了非海相遗迹化石的同义语, 失去了原有的含义和环境意义。Frey 等^[13]重新定义该遗迹相, 提出三方面的识别特征, 即: 相对较低的分异度; 偶尔由单一遗迹属组成; 总体上和某些海相遗迹化石组合的相似性。他们建议 *Scoyenia* 遗迹相限制在以 *Scoyenia gracilis*, *Ancoridnus coronus* 或生态习性上与之相当的潜穴为主的遗迹组合。而 Bromley 等建议废弃 *Scoyenia* 遗迹相, 理由是遗迹相含糊不清, 其有些实例可以归入其它遗迹相, 特别是归入 *Cruziana* 遗迹相。Buatois 等^[14]则强调, *Scoyenia* 遗迹相在相似环境条件下的重复出现有其独特的环境意义, 修订后的定义是有效的。与 *Cruziana* 遗迹相比, *Scoyenia* 遗迹相以明显的低分异度、新月形回填潜穴为主和较高的环境压力条件为特征。同时, 提出修订后的遗迹相应包括产于相似环境背景下的以节肢动物足迹为主的遗迹群落。他们还认为, 对 *Scoyenia* 遗迹相不宜再细分, 因为修订后的该遗迹相不再是“非海相遗迹化石组合”的同义语, 而应将其看成和其它非海相遗迹相为同一级别。因此, 现在的 *Scoyenia* 遗迹相是由小型水平进食潜穴、垂直潜穴、弯曲的爬行遗迹、拖迹、足迹、脊椎动物足印迹和小型水平植物根迹等构成的遗迹组合, 造迹生物包括节肢动物、脊椎动物和植物等。代表分子包括: *Scoyenia*, *Beaconites*, *Taenidium*, *Planolites*, *Palaeophycus*, *Skolithos*, *Cruziana*, *Rusophycus*, *Canborygma*, *Umfolozia*, *Dplichnites*, *Merostranichnites*, *Acrupes*, *Siskania* 和各种足印迹。共生沉积构造有干裂痕、雨痕等。其产出的背景为周期性暴露地表或覆水极浅的非海相低能环境, 具潮湿、细粒底层, 如典型的河

流泛滥平原和少数湖泊环境^[14-17]。Bromley^[2]根据一些遗迹化石外壁上发育的细条纹和明显的抓刻痕将 *Scoyenia* 遗迹相当作固底控制的海相 *Glossifungites* 遗迹相在陆相环境的相当者。根据这种情况, Buatois 等^[16]则建议将 *Scoyenia* 遗迹相细分为两个不同的遗迹组合: 1) 发育新月形回填纹、无外部纹饰、形成在软底底质中, 包括 *Taenidium*, *Beaconites* 等; 2) 具有外部纹饰和抓刻痕, 形成在固底底质中, 如 *Scoyenia*, *Spongellimorpha* 等。这种划分具有很好的实际应用价值^[18-19]。本文中的 *Taenidium barretti* 遗迹组就是前一种遗迹组合的典型代表。

上述 9 种遗迹组均大量出现在油房庄组上部沉积中, 除斑状生物扰动组完全形成在黄绿色砂岩中外, 其它 8 种遗迹组要么保存在厚层紫红色、棕红色砂、泥岩中, 要么起源于厚层黄绿色砂岩之间的薄层紫红色、棕红色砂、泥岩并终止于其下伏的黄绿色砂岩中。而在油房庄组顶部及与上覆晚三叠世椿树腰组交界处, 随着紫红色、棕红色沉积的逐渐减少和黄绿色沉积的逐渐增多, 遗迹化石的丰度和分异度均表现为逐渐减小的趋势, 因此, 本文描述的遗迹组绝大多数与干旱、半干旱气候条件有关。

3 结论

1) 在河南济源地区中三叠世油房庄组高能砂质滨湖沉积和中低能极浅湖沉积中识别出 9 种遗迹组。

2) 高能砂质滨湖沉积中以发育含有 *Skolithos* 的遗迹组为特征, 保存在干旱、半干旱气候和潮湿气候交替控制的沉积中, 造迹生物受干旱、半干旱气候条件所控制, 这些遗迹组可归入陆相 *Skolithos* 遗迹相。

3) 极浅湖泥岩夹粉砂岩沉积中的遗迹组以水平分布的进食潜穴 *Taenidium* 占优势, 保存在干旱、半干旱气候条件所控制的紫红色细粒沉积中, 代表陆相 *Scoyenia* 遗迹相。

参考文献 (References)

- 1 Ekdale A A and Bromley R G. Trace fossils and ichnofabric in the Kjolby Gaard Marl Upper Cretaceous Denmark. Bull Geol Soc Denmark. 1983, 31: 107-119
- 2 Bromley R G. Trace Fossils: Biology and Taphonomy and Applications. Chapman and Hall, London, 1996: 361
- 3 卢宗盛, 郝朝坤, 马宏斌, 等. 辽河油田陆相遗迹组及其环境解释. 地质学报, 2003, 77: 9-15 [Lu Zongsheng, Hao Chaokun, Ma

- Hongbin, et al. Continental ichnofabric types in the Liaohu Oilfield and their environmental interpretation. China Acta Geologica Sinica, 2003, 77: 9-15]
- 4 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. 古地理学报, 2004, 6: 434-441 [Zhang Guocheng, Guo Weixing, Zeng Yufeng. Ichnofabric characteristics of fluvial and lacustrine sediments of the Upper Cretaceous in Xixia Basin, Henan Province. Journal of Palaeogeography, 2004, 6: 434-441]
- 5 胡斌, 张国成, 郭卫星, 等. 豫西济源潭庄组河流沉积中的遗迹组. 煤田地质与勘探, 2004, 32: 1-4 [Hu Bin, Zhang Guocheng, Guo Weixing et al. The stipellus ichnofabric in the fluvial deposits of Upper Triassic Tanzhuang Formation in Jiyuan, western Henan. Coal Geology and Exploration, 2004, 32: 1-4]
- 6 吴贤涛. 豫西济源一义马盆地流沉积中的痕迹化石及其环境意义. 沉积学报, 1985, 3: 23-31 [Wu Xiantao. Trace fossils and their environmental significance in nonmarine turbidite deposits from Jiyuan-Yima Basin, western Henan. Acta Sedimentologica Sinica, 1985, 3: 23-31]
- 7 Buatois L A, Mangano M G, Xiantao Wu, et al. Sedimentary facies, depositional process and climatic controls in a Triassic lake, Tanzhuang Formation, western Henan Province, China. Journal of Paleontology, 1994, 11: 41-46
- 8 Buatois L A, Mangano M G, Xiantao Wu, Guocheng Zhang. Trace fossils from Jurassic lacustrine turbidites of the Anyao Formation and their environmental and evolutionary significance. Ichnos, 1996, 4: 1-17
- 9 胡斌, 齐永安, 张国成, 等. 中国中一新生代陆相沉积中的遗迹群落. 沉积学报, 2002, 20: 574-581 [Hu Bin, Qi Yong-an, Zhang Guocheng et al. The ichnocoenoses of Mesozoic-Cenozoic terrestrial deposits of China. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20: 574-581]
- 10 张国成, 曾玉凤, Buatois L A, Mangano M G. 济源盆地谭庄组 (T₂₋₃) 上段湖相沉积及遗迹化石特征. 沉积学报, 2005, 23: 100-107 [Zhang Guocheng, Zeng Yufeng, Buatois L A, Mangano M G. Lacustrine deposits and associated trace fossils in the upper part of the Tanzhuang Formation, Jiyuan Basin, Henan Province. Acta Sedimentologica Sinica, 2005, 23: 100-107]
- 11 Bromley R G, Asgaard U. Ichnofacies: a mixture of taphofacies and biofacies. Lethaia, 1991, 24: 153-163
- 12 Seilacher A. Bathymetry of trace fossils. Marine Geology, 1967, 5: 413-428
- 13 Frey R W, Pemberton S G. Trace fossil facies in models. In Walker R G, ed. Facies Models. Geoscience Canada, Reprint Series 1, 1984: 189-207
- 14 Buatois L A, Mangano M G. The palaeoenvironmental and palaeoecological significance of the lacustrine *Mermia* ichnofacies: an archetypal subaqueous nonmarine trace fossil assemblage. Ichnos, 1995, 4: 151-161
- 15 Bromley R G, Asgaard U. Triassic freshwater ichnocoenoses from Carlsberg Fjord, East Greenland. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1979, 28: 39-80
- 16 Buatois L A, Mangano M G, Acenolaza F G. Icnofaunas paleozoicas en sustratos fimes no marinos. Evidencias del Permico de la cuenca

- Paganza Ameghiniana 1996 33 265-270
- 17 张国成, 李继亮. 陆相遗迹相研究的新进展. 地质科技情报, 1997, 16: 49-54 [Zhang Guocheng Li Jiliang New progress of the nonmarine ichnofacies Geological Science and Technology Information 1997, 16 49-54]
- 18 Savrda C E, Blanton-Hooks A D, Collier J W, *et al*. Taenidium and associated ichnofossils in fluvial deposits Cretaceous Tuscaloosa Formation Eastern Alabama Southeastern USA. Ichnos 2000, 7L: 223-242
- 19 Buatois L A, Mangano M G. Trace fossils from Carboniferous floodplain deposits in western Argentina implications for ichnofacies models of continental environments Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology 2002 183 71-86

Ichnofabrics and Their Environmental Interpretation from Middle Triassic Youfangzhuang Formation Jiyuan Region Western Henan Province

Q I Yong-an¹ HU Bin¹ ZHANG Guo-cheng¹ GONG Y im ing^{1, 2}

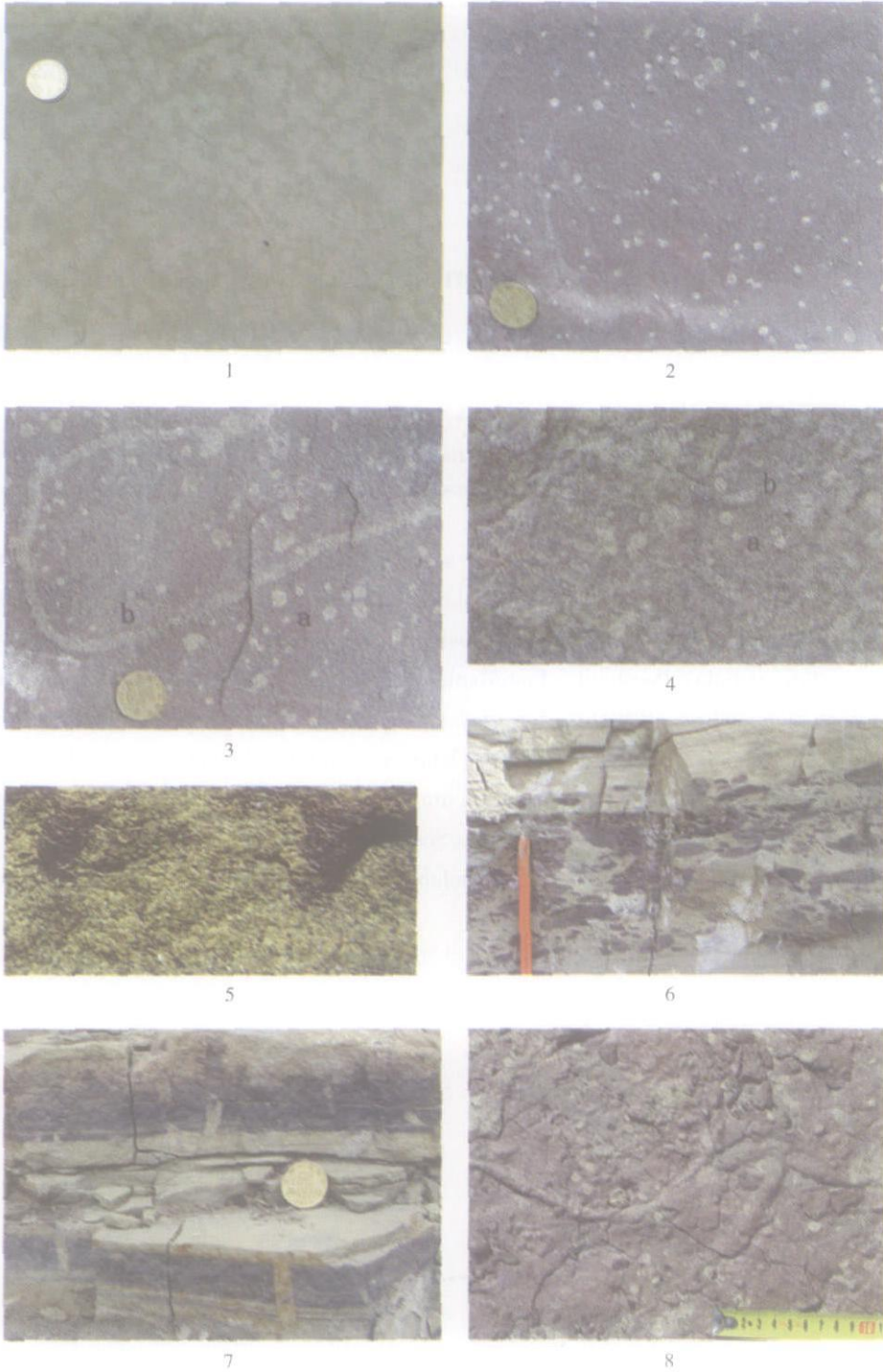
(1 Institute of Resources and Environment Henan Polytechnic University Jiaozuo Henan 454003;

2 Faculty of Earth Science State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources China University of Geosciences Wuhan 430074)

Abstract Abundant trace fossils are preserved in the alternation of purple and yellow greenish sandstones and mudstones which are formed in littoral and very shallow lake environments in the lower part of Middle Triassic Youfangzhuang Formation, Jiyuan Region, western Henan Province. Six ichnofabrics are found in high-energy zone of lake margin sandstones, they include Porphyratic biturbation ichnofabric, Skolithos isp -Planolites montanus ichnofabric, Skolithos verticalis ichnofabric, Planolites beverleyensis ichnofabric, Skolithos isp Ichnofabric and Palaeophycus annulatus ichnofabric, and can be assigned to Skolithos ichnofacies, three ichnofabrics of Skolithos linearis ichnofabric, Taenidium barrette ichnofabric and rizoliths ichnofabric are recognized from middle and lower energy zone of very shallow lacustrine siltstones and mudstones, they belong to Scoyenia ichnofacies.

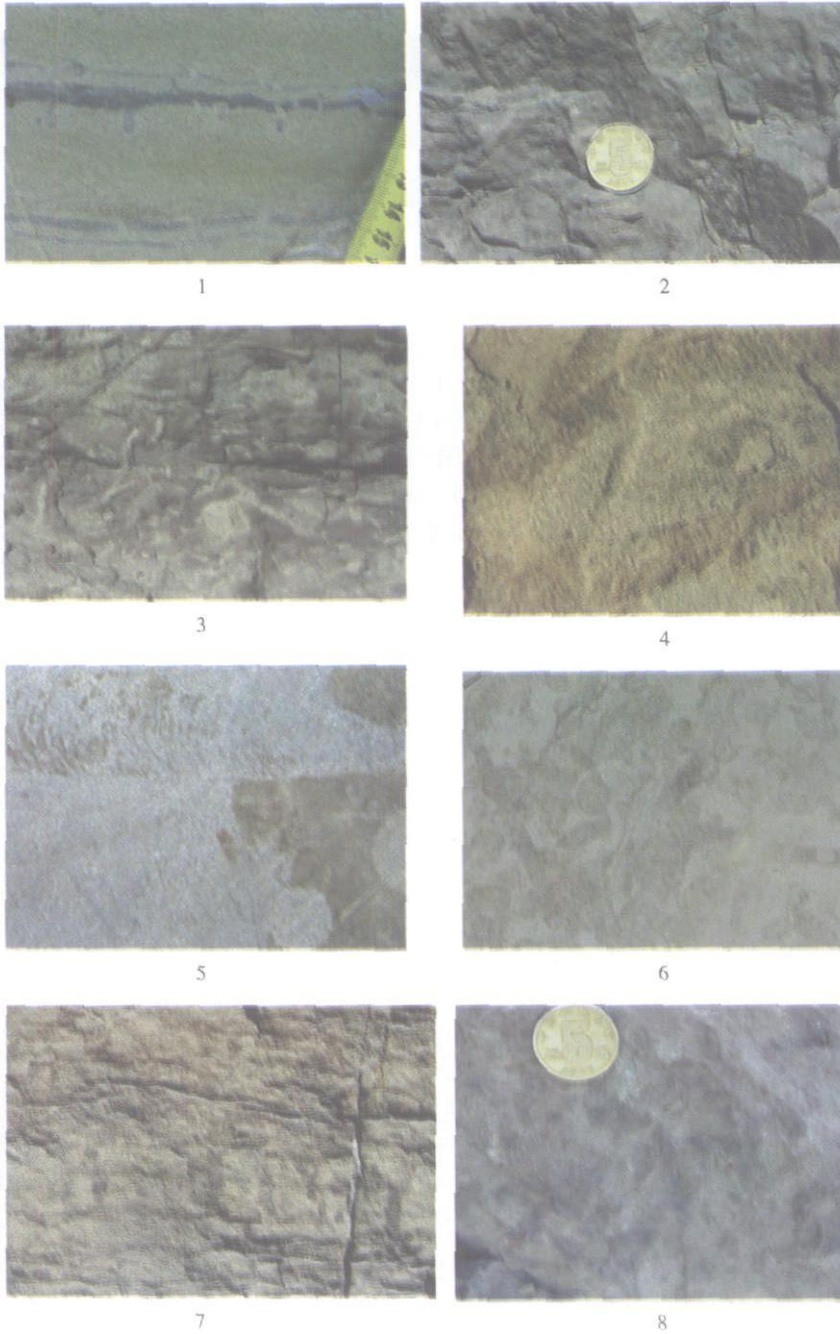
Key words littoral and very shallow sediments ichnofabric, Jiyuan Region, Youfangzhuang Formation

图版 I



图版 说明: 1 斑状生物扰动结构; 2 3a, 4a, 5, *Skolithos* isp.; 3b *Helminthopsis* isp.; 4b *Planolites montanus* 比例尺同图 3 6 楔状交错层理及叠瓦状排列的成岩泥砾, 钢钎长 20 cm; 7 *Skolithos* isp. × 1; 8 *Planolites beereneyensis*

图版 II



图版 说明: 1 *Skolithos verticalis* 2, 3 *Palaeophycus annulatus* 图 3 比例尺同图 2; 4, 5, *Taenidium barretti* $\times 1$; 6 *Skolithos verticalis* 和 *Planolites montanus* 展示复杂的相互切穿关系, $\times 2$; 7 *Skolithos linearis*, $\times 2$; 8, 植物根模, 图中可见到未完全氧化的碳质模芯。