

文章编号: 1009-3850(2001)02-0084-08

民和盆地下白垩统遗迹化石的类型与气候的关系

蔡雄飞, 李长安, 占车生

(中国地质大学 地球科学学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 民和盆地下白垩统首次发现 7 个遗迹属, 早期的朱家台组为 *Skolithos-Planolites* 组合, 中期的盐锅峡组为 *Thalassinoides-Palaephycus* 组合, 晚期的红古城组为 *Planolites-Scoyenia* 组合。这些遗迹属在纵向上可以出现相行为。表明水深不是主控因素, 而是古气候的作用。

关键词: 遗迹化石; 控制因素; 民和盆地; 下白垩统

中图分类号: Q911.28

文献标识码: A

Trace fossil types from the Lower Cretaceous strata and palaeoclimates in the Minhe Basin

CAI Xiong-fei, LI Chang-an, ZHAN Che-sheng

(Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China)

Abstract: Seven ichnogenera are recognized for the first time in the Lower Cretaceous strata of the Minhe Basin; *Skolithos*, *Thalassinoides*, *Palaephycus*, *Phycodes*, *Ancorichnus*, *Planolites* and *Scoyenia*, which may be grouped into three assemblages: *Skolithos-Planolites* assemblage in the Zhujiatai Formation, *Thalassinoides-Palaephycus* assemblage in the Yanguoxia Formation, and *Planolites-Scoyenia* assemblage in the Honggucheng Formation. These trace fossils occur mainly in the relatively higher-energy or lower-energy environments, and thus have nothing to do with water depth. On the contrary the palaeoclimates are believed to be the main controls on the types and morphological forms of the trace fossils from the continental river and lake environments. The variations in palaeoclimatic conditions always have decisive ef-

fects on fluid flow, energy, salinity, temperature, oxygen and nutrients contents, and basement features.

Key words: trace fossil; controlling factor; Minhe Basin; Lower Cretaceous

民和盆地是以下白垩统沉积为主体的中生代盆地。区内下白垩统出露广泛,发育较好,为一大套陆源粗细碎屑岩系。该岩系生物群面貌比较单调,而且主要生长在盆地的扩张时期,但生物遗迹化石由下往上却异常丰富。这些遗迹属在纵向上往往可以重复出现,探讨这些遗迹属的主控因素,对深入研究陆相盆地具有十分重要的意义。

1 地层简介

民和盆地位于甘肃、青海两省的交接地带,面积为 11300km^2 ,是在中祁连隆起带上发育起来的断陷盆地。对该套厚度较大的、岩性较为单调的红色陆源粗细碎屑岩,长期以来一直以河口群代组。自下而上可以建立 4 个组,它们分别为朱家台组、盐锅峡组^[1]、红古城组^[2]和花庄组。这 4 个组分属于盆地发展阶段不同时期的沉积物。盆地早期的朱家台组下中部以陆源粗碎屑岩系为主,为一大套厚层块状的中细砾岩与含砾细砂岩组成基本层序。每个层序均以冲刷面出现为标志,向上大量发育板状交错层理。这种基本层序可在纵向上频繁出现,代表盆地早期快速的堆积物。上部的基本层序、粒度明显变细变小,但板状变措层理、波痕和泥裂等却大为发育。盆地中期的盐锅峡组为一大套紫红色、灰绿色、蓝灰色的细碎屑岩系,可划分为 3 个具完整旋回的基本层序。每套基本层序的岩性由相对粗至细在至粗组成。其中蓝灰色层具特殊的标志,作为湖进和湖退的转换界面,在盆地边缘至中心广泛稳定分布。盆地晚期的红古城组其基本层序分为两种类型。早期为中层细粒粉砂岩与粉砂质泥岩互层;晚期为中厚层细粒粉砂岩与粉砂质泥岩互层,沉积构造为具水下流动构造与水上暴露构造交互为特点。盆地消亡期的花庄组主要为一大套厚层块状粉砂质泥岩夹中厚层中细砂岩,为三角洲平原相沉积。

2 下白垩统遗迹化石的特征

民和盆地下白垩统自下而上可出现 7 个遗迹属,具有两种主要特征。一种为垂直柱状的居住迹;另一种为水平状或弯曲形觅食迹。

垂直柱形或管形居住迹类,主要特点为遗迹类与岩层面近于垂直,在层面上常呈群体出现,主要代表为 *Skolithos* (石针迹,图 1-1), *Thalassinoides* (海生迹属,图 1-2)。

水平状或弯曲状形觅食迹主要特点为遗迹类与岩层面平行保存,个体为直管状或弯曲状,为生物觅食所形成的潜穴,其代表属为 *Palaeophycus* (古藻迹), *Phycodes* (次藻迹), *Ancorichnus* (锚形迹), *Planolites* (漂移迹), *Scoyenia* (斯奇菌迹,图 1-3, 4. 5. 6. 7)。

2.1 居住迹类形态属的具体特征

***Skolithos* (石针迹)** 石针迹为垂直于岩层层面上的直立管穴,管穴互相平行,上下粗细一致,直径为 $0.4 \sim 1.4\text{cm}$, 长为 2cm 左右,管穴较密。管穴充填物比围岩粗,产于朱家台组中部。

***Thalassinoides* (海生迹)** 海生迹的潜穴系统呈平面状分布,直径为 $0.2 \sim 1.5\text{cm}$,无环节装饰,多为 Y 形分叉,分叉间隔为 $1 \sim 3\text{cm}$,潜穴充填物与潜穴壁之间界线分明,产于盐锅

峡组中部。

2.2 觅食迹类形态属的具体特征

Palaeophycus (古藻迹) 古藻迹与层面倾斜, 管穴为圆柱形, 形态微弯曲表面较光滑。充填物不具构造充填成分, 充填成分与母岩相同, 管穴直径较小为 0.2~0.8cm, 产于朱家台组中部。

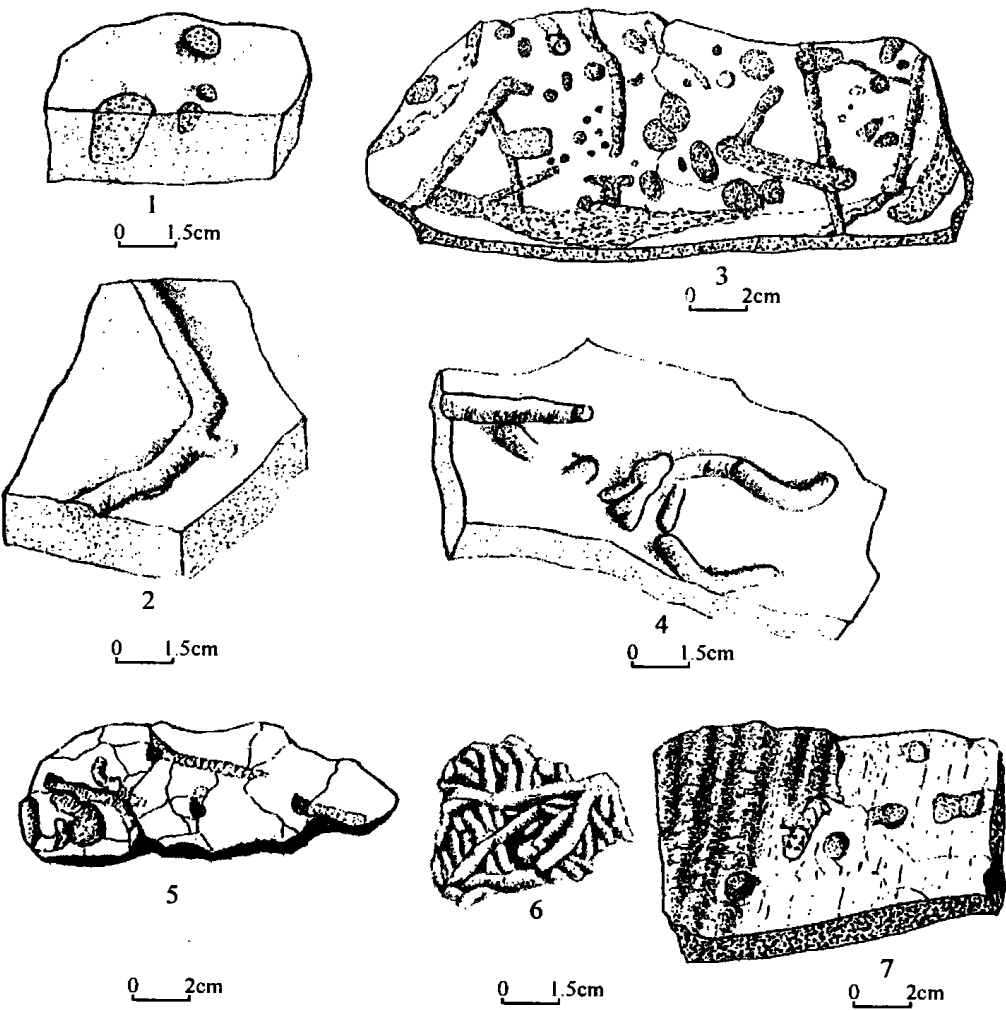


图 1 民和盆地下白垩统遣迹化石类型(据标本素描)

1. *Skolithos* (石针迹); 2. *Thalassinoides* (海生迹); 3. *Palaeophycus* (古藻迹); 4. *Phycodes* (次藻迹); 5. *Ancorichnus* (锚形迹); 6. *Planolites* (漂移迹); 7. *Scoyenia* (斯苛菌迹)

Fig. 1 Drawings of the Lower Cretaceous trace fossils from the Minhe Basin

1= *Skolithos*; 2= *Thalassinoides*; 3= *Palaeophycus*; 4= *Phycodes*; 5= *Ancorichnus*; 6= *Planolites*; 7= *Scoyenia*

Phycodes(次藻迹) 次藻迹沿层面延伸的分枝状潜穴管, 但分枝次数较少, 主枝成弧形, 每个分枝长 5~10mm, 产于朱家台组中上部。

Ancorichnus(锚形迹) 锚形迹呈潜穴水平或微倾斜, 直径为 2~4mm, 潜穴内回填清楚, 潜穴内沉积物粒度与围岩基本相同, 产于朱家台组上部。

Planolites(漂移迹) 漂移迹以小个体类型占绝对优势, 个体较小, 直径为 2~4mm, 长 1~3cm, 顺层面排列, 无回填纹。产于朱家台组顶部及红古城组上部。

Scoyenia(斯苛菌迹) 斯苛菌迹的潜穴直或弯曲, 外表具有不规则的绳索状纹饰, 潜穴与层面平行或斜交, 不分叉, 直径为 0.4~0.8cm, 长 1~4cm 不等, 内部具有回填构造, 产于红古城组中部。

从遗迹化石分布情况看, 早期的朱家台组具类型多、分异度高, 含量丰富的特征, 可出现 5 个属, 称为 *Skolithos-Planolites* 遗迹化石组合。中期的盐锅峡组类型单调, 分异度不高, 但属含量丰富, 称为 *Thalassinoides-Palaephycus* 遗迹化石组合。晚期红古城组分异度低, 但含量丰富, 称为 *Planolites-Scoyenia* 组合。上述遗迹组合不但可以反映同一时期生活环境的变化, 也大致反映盆地演化的纵向变化。

盆地地下白垩统遗迹化石具几大特色, 一是以居住迹和觅食迹为代表; 二是某一层位上遗迹类共生少, 分异度低, 但沿层面上密布; 三是含有陆相盆地中特有分子, 如 *Scoyenia*, *Ancorichnus*。

3 古气候变化(主控因素)

Seilacher(1967)认为水的深度是重要的控制因素, 这对海相遗迹化石具有重要的意义, 但从近年来海相遗迹化石研究成果看, 海水深度并不是唯一的主控因素, 尤其对陆相遗迹化石而言, 古气候的变化决定遗迹属的生存环境, 不同的古气候条件, 造成不同形态属, 相同的古气候条件, 具有相同特征的遗迹化石和相同环境分布。

民和盆地演化的早期, 由于在构造动运的强作用下, 造成古地理高差悬殊, 为一个陡地形近物源的“似高山峡谷”的古地理景观, 在山区较大洪水作用不断推运下, 朱家台组的早中期快速沉积了 40 多套分选磨圆度中等的砂砾岩与含砾细砂岩交互的旋回沉积。沉积作用以垂向加积作用为主, 新增空间速率近似于沉积速率, 使得朱家台组的早中期不断受暴洪作用影响, 沉积构造类型单调, 常为冲刷面一板到底的强水动力结构, 遗迹化石以管穴直立或倾斜为主, 产 *Palaephycus*, *Skolithos*, 两者的沉积环境略有不同, 但在各自层位上十分富集(图 2a, b)。这些居住迹通过挖掘较深的潜穴躲避动荡的高能环境和捕食需要, 从而保护自己; 另一方面由于水动力条件较强, 水体含有悬浮有机物, 使得造迹者不必移动身体就可以在潜穴内滤食, 因而它们形成于清洁而高能, 分选较好的碎屑岩中的不稳定底层。由于底层经常发生侵蚀, 因此, 潜穴顶部常被截切, 沉积物易被重新改造。朱家台组中部的居住迹 *Skolithos*, 其潜穴的粒径比围岩粗得多, 代表了被下一次强烈的暴洪事件沉积改造和冲刷的结果, 因此, 居住迹潜穴的形态和成分代表了环境波动的特点。

朱家台组的晚期, 是民和盆地开裂形成期, 地势变缓, 沉积作用与早中期差异明显, 冲刷面大为减少, 砾石大小含量变小减少, 中等水流强度的交错层理仍很发育, 代表了水下分流河道的沉积特色。顶部以细粒粉砂岩为主, 为波痕与大量遗迹化石的虫管泥裂互层的沉积单元。遗迹化石以觅食迹为主。初期产 *Phycodes*, *Ancorichnus*(图 2c)。觅食迹是一种生活

在水底表面可移动的生物，它们在寻找食物时形成痕迹。其管穴主要呈水平状，反映了水动力能量不大，是一种慢速沉积。晚期在朱家台组顶部富含波痕的层面上富集大量 *Planolites* 遗迹(图 2d)。*Planolites* 在波痕层面上呈现个体密集，层层紧密堆积，常常与波痕和泥裂共生。表明其喜粉砂质基底，水流不大，具有在沉积物内快速穿过而无回填功能，是在周期性洪水泛滥之后，由潮湿气候向干旱气候转化下的产物。

因此，朱家台组的 *Skolithos-Planolites* 遗迹化石组合，反映了遗迹化石由垂直型居住迹向水平状或弯曲状的觅食迹演化，代表沉积环境发生了较大的变化，由早中期高能的辫状河三角洲前缘向三角洲平原相演化。

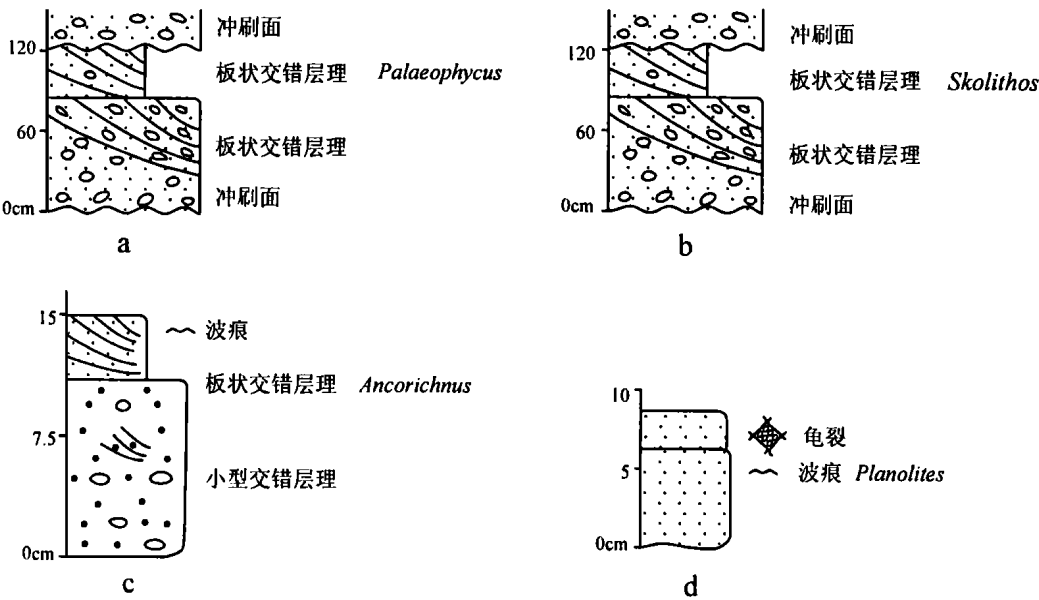


图 2 朱家台组含遗迹化石的沉积序列特征

Fig. 2 Trace fossil-containing depositional sequences in the Zhujiatai Formation

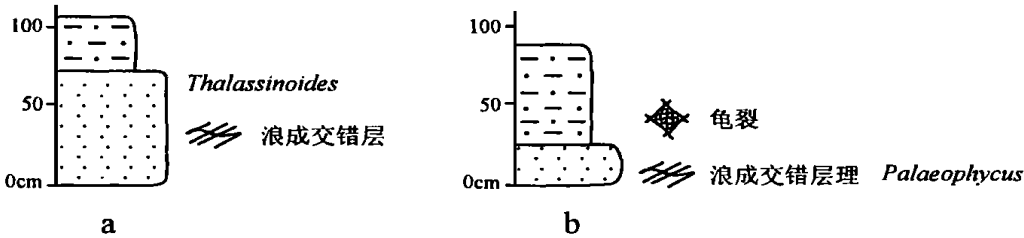


图 3 盐锅峡组含遗迹化石的沉积序列特征

Fig. 3 Trace fossil-containing depositional sequences in the Yanguoxia Formation

盐锅峡组为盆地扩展时期的沉积。该组出现了 3 次大的水进面,随着水体扩大,生物群面貌也丰富起来(表 1),而遗迹化石比较单调,局限于第 2 套湖退序列。遗迹化石以居住迹和觅食迹为代表。居住迹为 *Thalassinoides*,觅食迹为 *Palaephycus* 分别产于中、厚层细砂岩层面。*Thalassinoides* 产于含小砾细砂岩旋回序列的上部。*Thalassinoides* 虽然为居住迹类,但从产出部位来看(图 3a),水动力中等。*Thalassinoides* 现代浅海还存在,一般认为是甲壳动物美人虾营造的潜穴(Kennedy, 1967),其能量较低^[3]。*Palaephycus* 产于浪成波痕与泥裂之间(图 3b)。浪成波痕为水动力强烈动荡的标志,在水动力强烈动荡之后的间歇期,是比较低能的环境。在这种低能的滨岸环境,有利于造迹生物觅食。

表 1 下白垩统生物群与构造环境的关系

Table 1 Relationship among the biotas environments and tectonics of the Lower Cretaceous strata in the Minhe Basin

盆地演化	组 名	遗迹化石	蚌 类	恐龙足迹	植物碎片
消亡期	花庄组				丰富
萎缩期	红古城组	丰富(个体)			
扩展期	盐锅峡组	中等	丰富(个体)	中等	
开裂期	朱家台组	丰富			

盆地的晚期,盆地进一步萎缩,红古城组的遗迹化石表现为分异度低,但个体十分富集,主要产在红古城组中上部地层中。红古城组中上部地层主要为中厚层具水下流动构造的细砂岩与水上暴露构造的粉砂岩、粉砂质泥岩互层,以觅食类为主。觅食迹 *Scoyenia*, *Planolites* 均产在富含水下流动构造和水上暴露构造之间(图 4a, b),表明两者均为较低能的环境。*Scoyenia* 以层内进食为主,反映底层潮湿并含营养泥,形成于一种炎热、潮湿气候条件下的造迹生物活动的路线格局。*Planolites* 前述是处于低能的环境。因而红古城组的 *Scoyenia*-*Planolites* 组合,代表了周期性的洪水泛滥和经常干旱的沉积环境,因而有利于具这种特点的遗迹化石繁盛。

由上可见,本区下白垩统遗迹化石主要富集在较高能和相对低能的环境,与水深关系不大,但与事件沉积作用紧密相关。这种事件沉积作用始终受潮湿和干旱古气候作用控制。

早期的朱家台组的辫状河三角洲沉积始终以高含量粗碎屑沉积物输入为特征,展现一种以最短的沉积时间,最大的可变性为特点的暴洪事件沉积。在暴洪事件沉积初期的“风暴式”砂砾岩堆积中,由于恶劣的生存环境,遗迹化石不甚发育,而在暴洪事件沉积的后期,水动力仍然很大,但以正常沉积为主,遗迹化石以垂直管和倾斜管穴的居住迹为代表。朱家台组的晚期为三角洲平原相,事件洪水沉积远较早中期为小,在其后期大量出现觅食迹 *Planolites* 分子。盆地的中晚期事件洪水作用远较朱家台组早中期强度小,多以低能的觅食类为代表。

从多数遗迹化石富含在波痕与泥裂之间来看,遗迹化石主要受控于气候的因素,它们常常处于湖水之上和水下之间的低能环境,并且不断出现周期性洪水漫漫和暴露。这种近岸环境在潮湿气候下,洪泛作用频繁。当不同规模和强度的洪水来临,就发育具水下流动构造的板状交错层理和不同类型的波痕,洪水过后气候持续干旱,就容易形成暴露构造的泥裂。

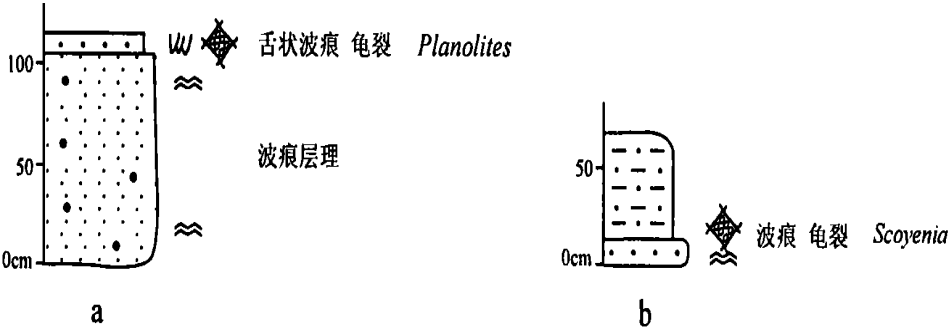


图 4 红古城组含遗迹化石的沉积序列特征

Fig. 4 Trace fossil-containing depositional sequences in the Honggucheng Formation

本区下白垩统的早、中、晚期遗迹化石多产于洪水事件作用的间歇期。这种间歇期环境不同,也造成遗迹化石形态不同,因而事件沉积作用的间歇期,也就是正常沉积时期,是本区遗迹化石大量富集的层位。这是因为洪水沉积作用一方面可源源不断带来大量食悬浮物质和有机质;另一方面,洪水期后,气候相对比较潮湿,水流流动趋于正常,温度、盐度适宜,水体能量不大,是遗迹化石“生活的乐园”。因此,对陆相河、湖环境来说,水深并不是主控因素,而气候才是主控因素。古气候作用在陆相盆地除构造外,其有很大控制作用,尤其对内陆湖盆,成为唯一的控制因素。古气候作用常常造成陆相河、湖水整体扩展和萎缩。在潮湿气候作用下可以引起几十年、百年一遇的暴洪沉积作用和每年季节性洪水作用。在相同的古气候条件和方式下,可以在纵向上重复出现本区下白垩统相同的遗迹属和形态行为。另一方面,不少遗迹属具有多种功能^[4]。如 *Planolites* 可能具有觅食、爬行、停息等多种生态功能,它们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。因而水深仅仅是控制遗迹化石类型的一个方面,而不是决定性的因素,而古气候条件的变化,往往决定陆相河、湖盆地的水体流动、能量大小、温度变化、水体含氧量、水体营养物和基底性质等。因而,民和盆地地下白垩统遗迹化石主要受控古气候条件的变化。

此外,对同类型的遗迹化石,并不具有相同的生态功能和环境,如本区居住迹类的 *Skolithos* 和 *Thalassinoides*,前者比较高能,忍耐强度大;后者低能,忍耐小。它们的生态习性只有与产出的沉积序列和沉积作用的过程综合分析,才是可靠的。

遗迹化石由龚一鸣教授,卢宗盛副教授,王尚彦高级工程师鉴定,在此深表谢意。

参考文献:

[1] 蔡雄飞,李长安,占车生,等. 民和盆地南缘盐锅峡组的建立及其地质意义[J]. 岩相古地理, 1999, 19(3): 16—20.
[2] 蔡雄飞,李长安,朱伟元,等. 兰州-民和盆地红古城组的建立及其地质学意义[J]. 甘肃地质学报, 1998, 7(2): 49—53.
[3] 崔智林,梅志超,等. 新疆博格达山上二叠统非海相网状遗迹化石[J]. 古生物学报, 1998, 37(1): 65—73.
[4] 龚一鸣,刘本培,等. 新疆北部泥盆纪火山沉积岩系的板块沉积学研究[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993. 27—45.