

文章编号: 1000-0550(2013)03-0413-08

# 柴达木盆地东北缘中新统遗迹化石组合及其沉积环境<sup>①</sup>

高正海 李瑞云 王秋军 董重 闫德飞 孙柏年

(兰州大学地质科学与矿产资源学院 兰州 730000)

**摘要** 研究遗迹化石对于恢复古生物活动方式、习性和古环境具有重要意义。在柴达木盆地东北缘双湖地区中新统发现了遗迹化石。经鉴定,研究区的遗迹化石主要包括2大类4属4种:居住迹 *Palaeopycus heberti*(赫伯特古藻迹) *Skolithos verticalis*(垂直石针迹);进食迹 *Scoyenia gracilis*(纤细斯柯茵迹)和 *Taenidium satanassi*(箱形条带迹)。根据研究区的遗迹化石分布及沉积环境分析,该地可划分出一个遗迹组合: *Scoyenia*—*Taenidium*—*Skolithos* 遗迹组合,代表了潮湿气候条件下的浅湖环境。当前化石的发现填补了柴达木盆地东北缘双湖地区中新世遗迹化石研究的空白。

**关键词** 遗迹化石 浅湖沉积环境 中新统 双湖地区 柴达木盆地

**第一作者简介** 高正海 男 1985年出生 硕士研究生 古生物学与地层学 E-mail: hai01zi@163.com

**通信作者** 孙柏年 E-mail: bnsun@lzu.edu.cn

**中图分类号** Q915.2 **文献标志码** A

## 0 引言

遗迹化石也称痕迹化石,是指保存在岩层中各类生物生命活动时留下的痕迹和遗物<sup>[1]</sup>。遗迹化石所反映的是生物的生命活动、行为习性和觅食营养活动的细节,它们所保存的这些信息,即使是保存最好的实体化石也未必能够提供<sup>[2]</sup>。遗迹化石是某种生物生活习性的反映,多为未经搬运的原地埋藏,其造迹生物又是沉积作用的参与者,因此,在恢复古生态、古环境、反映沉积基底性质和沉积速率及变化、动物起源及演化等方面有独特的应用价值<sup>[3~9]</sup>。此外,陆相沉积环境比海洋沉积环境更为复杂多变,更能突出陆相遗迹化石研究的重要作用<sup>[10,11]</sup>。

德令哈盆地位于柴达木盆地的东北缘,习称北部断块带,盆地主体位于托素湖—克鲁克湖一带,布林等人曾在20世纪30年代对该地区进行了研究,王晓鸣等对其发现的动物化石进行了整理,并进行了多次野外考察,把多数哺乳动物化石厘定到一定地层范围之内,以期理顺柴达木地区经典动物化石与现代地层框架的关系,到目前为止,双湖地区是青藏高原脊椎动物化石最丰富、研究程度最高的地区。施振生等对塔里木盆地志留系的遗迹化石作过一些探讨<sup>[12]</sup>。但本文地区的遗迹化石尚未见报道。

本文描述了柴达木盆地东北缘双湖地区中新世

遗迹化石及遗迹组构,初步探讨了遗迹化石的组成特征及沉积环境,为阐明该地区中新世的沉积演化提供了生物遗迹信息。

## 1 研究区位置及地质背景

德令哈市位于青海省西北部,在地貌单元上分属祁连山地和柴达木盆地。柴达木盆地在大地构造上属秦岭昆仑祁连地槽褶皱系的一部分,为中生代凹陷盆地(图1)。盆地中心大致沿37°20′(即宗务隆山前地带)的纬向基底断裂控制了盆地新生构造运动的性质,该断裂线以北的盆地西部和盆地东北部,自第三纪以来,一直缓慢上升,形成主要由第三系和中下更新统砂岩组成的丘陵带。盆地南部剧烈下沉,是第四系的主要堆积场所,厚达1200m,形成由上更新统的近代洪积、冲积及湖积层组成的山前倾斜平原<sup>[13]</sup>。

本文所论德令哈盆地位于柴达木盆地的北缘,习称北部断块带。北界宗务隆山—青海南山断裂带、南界柴达木北缘深断裂系,两者向西交于阿尔金走滑断裂带,东界为古生代山脉。盆地主体位于托素湖—克鲁克湖一带(图2)<sup>[14]</sup>。

在地层区划分上德令哈位于柴达木地层区欧龙布鲁克分区,地层名称为新生界新近系中新统上干柴沟组。本区为青海古近系和新近系发育好、分布广、

<sup>①</sup>国家重点基础研究发展计划“973”项目(编号:2012CB822000),国家自然科学基金项目(批准号:41172022),高等学校博士学科点专项科研基金项目(编号:20120211110022)资助  
收稿日期:2012-05-25;收修改稿日期:2012-08-10

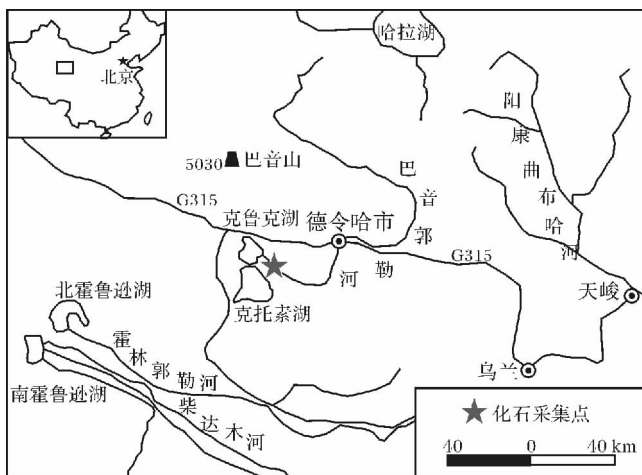


图1 研究区位置

Fig. 1 Location of the study area

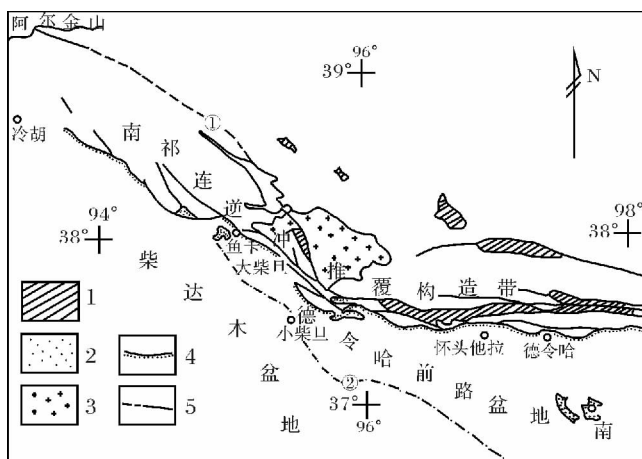


图2 德令哈盆地构造地质略图(据杨明慧,1999)

1. 二叠纪—中三叠世复理石盆地组合; 2. 侏罗纪—早白垩世陆相磨拉石盆地组合; 3. 印支期花岗岩; 4. 前陆褶皱冲断带与前陆盆地分界线; 5. 推测和实际断裂; ①宗务隆山—青海南山断裂带; ②柴达木北缘深断裂带

Fig. 2 The tectonic framework of the Delingha basin and its surrounding area(modified from Yang Minghui, 1999)

1. flysch basin association during Permian-Middle Triassic; 2. terrestrial molasse basin association during Jurassic-Early Cretaceous; 3. granite during Indo-Chinese epoch; 4. interline between foreland thrust belt and foreland basin; 5. fracture; ①Zongwulong mountain-Qinghai south mountain faults; ②Northern Qaidam faults

研究较详细的地区之一。渐新世是含盐沉积的开始, 渐新统上部及中新统为主要含油层位, 含有丰富的介形类、轮藻类、双壳类、腹足类及少量哺乳化石和孢粉化石。

化石主要采集于新近系中新统上干柴沟组( $N_1g$ )。本组断续出露于盆地西南缘的干柴沟(表1)、油沙山、东柴山、红三旱, 盆地东北缘的冷湖、平

台、路乐河、小柴旦、五采山、红山及可鲁克一带。东北部为黄绿色砂岩与棕红色泥岩互层, 西南部以绿灰色钙质页岩为主夹砂岩, 井下为深灰色钙质泥岩。地表出露厚度 172 ~ 968 m, 与下伏下干柴沟组呈整合接触。古近系渐新统下干柴沟组( $E_3g$ ) 主要出露于盆地西部边缘干柴沟、东柴山、沙滩边、红三旱一号, 东北缘冷湖四号、平台及东部大红山、无柴沟、五采山、红山等地。西部干柴沟以灰色砾岩、砂岩和泥岩为主, 夹砂质泥岩或粉砂岩条带, 向东变为以黑灰色含钙质泥灰岩为主, 东昆仑山北缘变为灰绿、灰黄、棕褐、棕红色泥岩为主, 夹杂色泥灰岩; 东部则为一套黄绿色巨厚层砂岩夹杂色砂质泥岩。中新统上干柴沟组( $N_1g$ ) 与上覆地层新近系上新统油砂山组( $N_2y$ ) 呈整合接触<sup>[15]</sup>。

## 2 遗迹化石的鉴定与分析

按生态、造迹生物的行为习性分类<sup>[2]</sup>, 对观察和采集到的大量遗迹化石, 经过仔细辨认和鉴定, 柴达木盆地东北缘双湖地区的遗迹化石可分为以下 2 大类 4 属 4 种: (1) 居住迹(Domichnia): *Palaeopycus heberti*(赫伯特古藻迹), *Skolithos verticalis*(垂直石针迹); (2) 进食迹(Fodinichnia): *Scoyenia gracilis*(纤细斯柯茵迹), *Taenidium satanassi*(箱形条带迹)(表2)。根据个体遗迹的分析推测, 这些造迹生物多数属节肢动物(尤其是昆虫类), 少数为软体动物(主要是腹足类和双壳类)以及蠕虫动物等<sup>[15~17]</sup>。

### 2.1 主要遗迹化石属种描述

#### 居住迹(Domichnia)

古藻迹属 Ichnogenus *Palaeopycus* Hall, 1847

赫伯特古藻迹 *Palaeopycus heberti* Saporta, 1872  
(图版 I-1)

描述: 与层面垂直或高角度倾斜分布的圆柱状潜穴, 潜穴直径 2 ~ 4 mm, 深长 2 ~ 6 cm, 潜穴外表光滑。潜穴管横断面呈圆形, 垂直于岩层面, 呈稀疏或孤立状分布。潜穴表面光滑, 潜穴具较厚衬壁并呈暗红色, 似含铁物质。

讨论: *Palaeopycus* 与 *Planolites*<sup>[16]</sup> 也是易混淆的两种化石, Keighley 和 Pickerill 认为潜穴的大小和分支情况不能用来识别 *Palaeopycus* 与 *Planolites*, 它们的区别主要是存在 (*Palaeopycus*) 或不存在 (*Planolites*) 潜穴壁。 *Palaeopycus* 通常出现在固底底层中, 对于衬壁的出现, Melchor 等将 *Palaeopycus* 衬壁的作用解释为: 阻止水分从逐渐变干燥的沉积物中

表1 柴达木盆地德令哈地区新生界简表(据青海省区域地质志,1991)  
Table 1 Brief table of the Cenozoic strata in Delingha of the Qaidam Basin.  
(modified from Regional Geology of Qinghai Province, 1991)

地层				代号	厚度/m	岩性描述
界	系	统	组(群)			
新生界	第四系	上更新统		Q <sub>3+4</sub>	425	灰、灰黄色砂岩,砾岩层及粉砂、粘土层
		中下更新统	七个泉组	Q <sub>1+2</sub>	1250	以土黄色砂岩、浅灰色泥岩与砾岩互层为主
	新近系	上新统	狮子沟组	N <sub>2</sub> <sup>(3)</sup>	986	以棕色砾岩为主,夹砂岩、砂质泥岩和泥岩
上油砂山组			N <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>	1237	以黄褐色含砾泥岩、砂质泥岩为主	
下油砂山组		N <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>	857	以砂岩、砾岩砂质泥岩互层沉积为主		
中新统		上干柴沟组	N <sub>1</sub>	308	以灰绿灰色砂岩与棕红色泥岩互层为主	
	古近系	渐新统	下干柴沟组	E <sub>3</sub>	664	灰绿灰色砂岩与棕红色泥岩不等厚互层
		上始新统	路乐河组	E <sub>1+2</sub>	337	砾岩、砾石状砂岩,含砾砂岩夹砂岩、泥岩等

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<sup>[2]</sup>。

该遗迹化石广泛出现的环境在河流、泛滥平原、浅水湖泊中。

产地层位 柴达木盆地东北缘,中新统上干柴沟组

石针迹属 *Ichnogenus Skolithos* Halademann, 1840

垂直石针迹 *Skolithos verticalis* Hall, 1942

(图版 I-2)

描述: 较细小的针状潜穴。直径约 2~3 mm, 长约 1~2 cm。横断面呈圆形或亚圆形, 外壁光滑, 无衬壁。被动充填, 充填物常为泥质。内迹保存, 与层面垂直或高角度倾斜。潜穴表面光滑, 内部充填物为上覆地层的泥岩。

讨论: *Skolithos* 遗迹属常见的遗迹种有 *S. linearis* 和 *S. verticalis*。其中, *S. linearis* 主要分布于粉砂、细砂岩中, 个体较大, 常单独出现, 泥质岩充填; *S. verticalis* 主要出现在砂、泥薄互层中, 常弯曲、个体较小, 成群出现, 泥质充填。石针迹一般为典型垂直层面的潜穴, 上下粗细基本相同, 潜穴直径 3~6 mm, 垂直长 2~9 cm。*S. linearis* 以个体较大、垂直而密集为特征与 *S. verticalis* 相区别。本区多为分散状垂直潜穴。Seilacher 在建立 *Skolithos* 遗迹相时认为产在近岸潮间带和近海滨不稳定的砂质底质沉积物中<sup>[17]</sup>。该遗迹属一般认为是环节动物或扁虫动物的居住潜穴, 常出现于水流动荡的海相环境和陆相淡水环境中<sup>[18]</sup>。该遗迹种与 *Skolithos linearis* 的区别是前者个体较小, 潜穴管略弯曲。

产地层位 柴达木盆地东北缘, 中新统上干柴沟组

进食迹(*Fodinichnia*)

斯柯茵遗迹属 *Ichnogenus Scoyenia* White, 1929

纤细斯柯茵迹 *Scoyenia gracilis* White, 1929

(图版 I-3)

描述: 潜穴呈柱形或亚柱形, 直径 1~3 mm, 粗细稳定, 延伸长度 1~2.5 cm, 一般稍弯曲, 多数呈水平分布, 少数与层面低角度斜交。潜穴不分枝, 但常常相互叠覆交叉在一起。潜穴表面具有不显著的绳索状纹饰, 潜穴内填充有半月形(弧形)回填构造, 填充物颜色与围岩不同, 为浅色细砂岩, 而围岩为灰绿灰色砂质岩。断面上潜穴呈斑点状, 在岩石中十分醒目。

讨论: 该遗迹种特点是相对较小, 直或稍弯曲的 *Scoyenia*, 一般直径小于 5 mm, 表面光滑或由于充填物颗粒粗, 表面粒状, 潜穴直径一般 0.6~5 mm, 长约 30~50 mm, 圆形或椭圆形。研究中主要是根据直径大小和潜穴内环状装饰在此将标本归于 *Scoyenia gracilis*。标本的 *Scoyenia gracilis* 分布格局疏密程度不一, 弯曲程度高, 与 *Planolites montanus* 不同是表面具有不显著的绳索状纹饰。

产地层位 柴达木盆地东北缘, 中新统上干柴沟组

条带迹属 *Ichnogenus Taenidium* Heer, 1877

箱形条带迹 *Taenidium satanassi* D' Alessandro et Bromley, 1987

(图版 I-4)

描述: 直—微弯曲的管状潜穴, 不分枝; 可见长度 3~4.5 cm, 直径约 7 mm; 无衬壁, 具新月形回填构造; 内迹保存, 大多数平行或倾斜(甚至近垂直)层面分布, 潜穴之间可相互交叉穿越或截切。

讨论: *Taenidium* Heer 和 *Muensteria steria* stern-

berg 两遗迹属长期以来使用混乱,多数人采用 Seilacher 意见(1958, 1962, 1964),把不分枝、无衬壁、具有新月形充填构造的潜穴,归属于 *Muensteria*, 而把分枝具有回填构造的潜穴归属于 *Taenidium*。Hantzschel 1957 年的研究认为大多数标本有分枝。D' Alessandro 和 Bromley 1987 年研究发现, Sternberg 最初描述属 *Muensteria* 极其混乱,其中包括藻类、粪化石及 *Chondrites* 类型,因此他们认为该属名不宜用于遗迹化石,而 *Taenidium* Heer 的典型种 *T. serpentinum* Heer 与现今文献中采纳的 *Muensteria* 特征符合,便将 *Taenidium* 厘定为不具分枝、具有新月形回填构造的类型;至于原 *Taenidium* 一属中分枝的类型(*T. fischeri*),则命名为 *Cladichnus* D' Alessandro et Bromley, 1987; 同时还建立一个新遗迹种 *T. satanassi* 和厘定一个遗迹种 *T. cameronensis* (Brady) [2]。

*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* 新月形回填纹宽度和潜穴宽度大致相等,而 *T. satanassi* 新月形回填纹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* 新月形回填纹宽度大于潜穴宽度,而 *T. barretti* 新月形回填纹宽度远小于潜穴宽度 [18]。

产地层位 柴达木盆地东北缘,中新统上干柴沟组。

### 3 讨论与分析

遗迹化石是在某种沉积条件下形成的生物成因沉积构造,是生物生活期间的各种行为习性(例如运动、觅食、居住等)的反映。产生在同一地层的遗迹化石群(或称遗迹化石组合)(Assemblage or Association)绝大多数是原地理藏未经搬运的遗迹群落(Ichnocoenose or Trace fossil community),因此遗迹化石可以指示某种特有的沉积条件,遗迹群落可以推断它们产生的沉积环境 [19~23]。

表2 *Skolithos*、*Planolites*、*Taenidium*、*Scoyenia gracilis*、*Palaeopycus* 特征对比

Table 2 Characters of the *Skolithos*, *Planolites*, *Taenidium*, *Scoyenia gracilis*, *Palaeopycus*

遗迹种	主要特征
<i>Skolithos liearis</i> Halderman, 1840	垂直直立管群,直接 3~7 mm、长 11~85 mm,潜穴壁清楚或不清楚,表面光滑,也可有横纹
<i>Skolithos. verticulis</i> (Hall), 1843	锥形倒柱形,直或斜,直径 1~4 mm、长 2~15 mm,潜穴光滑到有皱,比上述种较短小,常弯曲
<i>Skolithos magnus</i> Howell, 1944	潜穴直径 6~16 mm、长 200 mm,稍弯曲
<i>Skolithos ingens</i> Howell, 1945	潜穴垂直锥形,直径 7~9 mm、长 60 mm,具潜穴壁,不规则定期膨胀
<i>Skolithos annulatus</i> (Howell), 1945	潜穴壁清楚,光滑具横环
<i>Skolithos bulbosus</i> Alpert, 1945	潜穴常有圆球或半球状膨大,直径 4~15 mm、长 7~11 mm,球可大 2 倍分布上下两端
<i>Planolites montanus</i> Richer, 1937	潜穴较小,光滑,弯曲柱状,直接小于 5 mm,不分枝,绝大多数产在 <i>Cruziana</i> 遗迹相,少数见于复理石相
<i>Planolites beverleyensis</i> Billings, 1862	潜穴较大,表面光滑,直或微弯曲,不分枝,充填物粗时表面有粒状,潜穴直径 5~30 mm,长 2.1~24 cm,浅海相
<i>Planolites auunlarius</i> Walcott, 1890	潜穴表面有环状装饰, <i>Cruziana</i> 遗迹相,浅海相
<i>Planolites kwangsiensis</i> Yang, 1983	潜穴较粗,表面保存好时有极细的横纹,滨海相
<i>Planolites octichnus</i> Chamberlain, 1971	潜穴细小,直径 1 mm,长 <10 mm,等曲,密集,复理石相
<i>Planolites punctatus</i> Roni. et Pinen, 1862	疹状及短脊状,个体小,直径 2~5 mm,在波兰为复理石相
<i>Taenidium serpentinum</i> Heer, 1977	自中心辐射交织的柱形潜穴,稍弯曲,具新月形回填构造,分枝或不分枝,5 cm 长,直径 4~5 mm,新月形之间距离大致相等
<i>Taenidium cameronensis</i> (Brady), 1947	直或略弯曲,潜穴内为一系列互相衔接的圆柱形砂质充填,分段长 5~7 mm,宽 5~15 mm,不分枝,新月形回填纹宽度大于潜穴宽度,呈弧形一个套一个
<i>Taenidium satanassi</i> D' Alessandro et Bromley, 1987	柱形潜穴新月形回填纹宽度相等,但比潜穴宽度小的多
<i>Taenidium irregularis</i> Lee et Yang, 1990	自由弯曲,新月形回填纹宽度大于潜穴直径,后面的新月形可包含前面两个回填纹,同一个潜穴直径变化大
<i>Scoyenia gracilis</i> White, 1929	标本呈细长伸直稍有弯曲的潜穴,表面具有不显著的绳索状纹饰,潜穴内填充有半月形(弧形)回填构造
<i>Palaeopycus heberti</i> Saporta, 1872	与层面垂直或高角度倾斜分布的圆柱状潜穴,潜穴直径 2~4 mm,深长 2~6 cm,潜穴外表光滑,潜穴管横断面呈圆形,垂直于岩层面,呈稀疏或孤立状分布。潜穴表面光滑,潜穴具较厚衬壁并呈暗红色,似含铁物质。

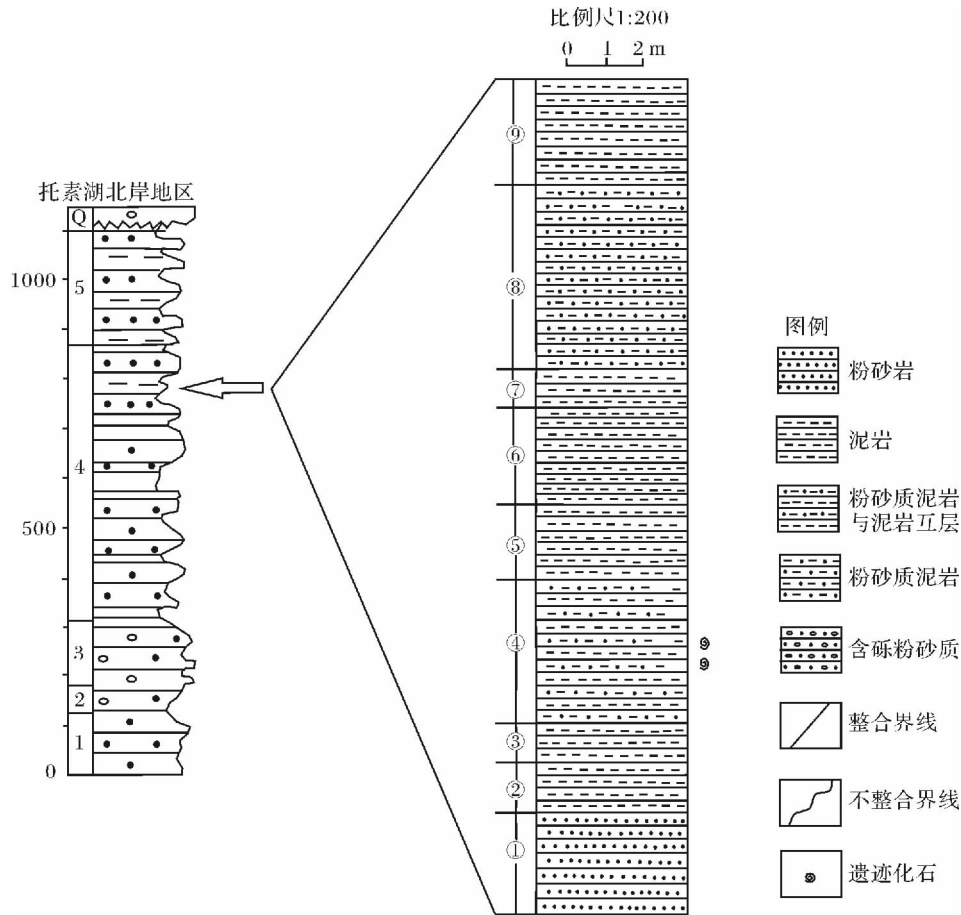


图 3 化石采集地层柱状图(左图据王晓鸣等 2011; 右图实测)

Fig. 3 Stratigraphic column of fossil-bearing horizon( Wang Xiaoming , et al , 2011 and this paper)

随着沉积的演化,像 *Taenidium satanassi* 遗迹化石出现,在很大程度上是由于水体变深的结果<sup>[9]</sup>, *Scoyenia gracilis* 代表周期性暴露地表或被水淹没的湖泊边缘或河流洪泛平原相低能环境。生物活动的底层是潮湿到湿、塑性的泥质到砂质沉积底层<sup>[2]</sup>。该地的地层柱状图如下所示(图 3)。

根据遗迹化石的形态特征、保存状态及生态习性等标志,可将德令哈滨浅湖沉积环境中遗迹化石划分为一种遗迹组合: *Scoyenia*—*Taenidium*—*Skolithos* 遗迹组合(表 3)。

### 3.1 *Scoyenia*—*Taenidium*—*Skolithos* 遗迹组合

遗迹化石以居住潜穴和小型、水平、具新月型回填构造的进食潜穴为主,其次为垂直柱状到不规则形态的居住构造。该遗迹组合主要发育于以灰绿灰色砂质岩与棕红色泥质岩互层为主的岩层中。常见有 *Scoyenia gracilis*、*Taenidium satanassi*、*Palaeopycus heberti* 和 *S. verticulis*。其中 *Scoyenia gracilis* 主要发育于

灰绿灰色砂质岩中,而 *Palaeopycus heberti* 和 *S. verticulis* 丰度较大。水动力条件平静时期,以灰绿、灰色砂质岩沉积为主,此时由于水体中含氧量高,食物供给充分,大量生物在此生活,故 *Taenidium satanassi* 和 *Scoyenia gracilis* 发育。*Scoyenia gracilis* (纤细斯柯茵迹)和 *Taenidium satanassi*(箱形条带迹)主要沿层面分布,对层面造成扰动,但在纵向上生物扰动十分微弱。由于波浪作用,水动力条件较强。*Skolithos*(石针迹)一般被认为是环节动物或帚虫动物的居住潜穴,常出现于水流动荡的海相环境和陆相淡水环境中。<sup>[18-24]</sup> *Skolithos*(石针迹)潜穴充填物与围岩不同,为棕红色泥质岩,该遗迹组合所在岩层以灰绿灰色砂质岩与棕红色泥质岩互层为主,遗迹化石的丰度则反应了水体能量总体相对较高<sup>[25]</sup>,随着水动力条件逐渐变强,生物在水体中停留难度加大,故必须得建造一些垂直的潜穴<sup>[26]</sup>。浅湖中水动力条件强弱交替。该遗迹组形成于潮湿气候条件下的浅湖环境。

表3 德令哈地区遗迹组合特征及沉积环境分析

Table 3 Trace fossil assemblage characteristics and sedimentary environment analyses of Delingha area

遗迹化石组合	主要遗迹化石	组合特征	习性类型	沉积环境
<i>Scoyenia</i> <i>Taenidium</i> - <i>Skolithos</i>	<i>Scoyenia gracilis</i> , <i>S. verticalis</i> , <i>Palaeopycus heberti</i> , <i>Taenidium satanassi</i>	以层面上形态复杂水平型的进食迹大量发育, 进食潜穴和居住潜穴聚集分散发育为特征	进食迹或居住迹	形成于潮湿气候条件下的浅湖环境, 浅湖中水动力条件强弱交替

## 4 结论

柴达木盆地双湖地区中新统遗迹化石的发现填补了这一地区遗迹化石研究的空白。根据遗迹化石的研究, 中新统干柴沟组属于滨浅湖沉积, 其中发现的形态清晰的遗迹化石分为2大类4属4种, 即(1)居住迹 (*Domichnia*): *Skolithos verticalis*, *Palaeopycus heberti*; (2)进食迹 (*Fodinichnia*): *Scoyenia gracilis*, *Taenidium satanassi*。这些遗迹化石丰度较高。

通过对该组遗迹化石组合特征及其沉积环境的讨论分析, 可划分出1个遗迹组合: *Scoyenia*—*Taenidium*—*Skolithos* 遗迹组合, 以进食潜穴和居住潜穴为主, 遗迹化石的丰度较高, 代表了潮湿气候条件下的浅湖环境。

## 参考文献 (References)

- 童金南, 殷鸿福. 古生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 16-17 [Tong Jinnan, Yin Hongfu. Paleontology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2007: 16-17]
- 杨式溥, 张建平, 杨美芳. 中国遗迹化石[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 1-17 [Yang Shipu, Zhang Jianping, Yang Meifang. Chinese Trace Fossils [M]. Beijing: Science Press, 2004: 1-17]
- Richard Hofmann, Nicolas Goudemand, Martin Wasmer, et al. New trace fossil evidence for an early recovery signal in the aftermath of the end-Permian mass extinction [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2011, 310(3-4): 216-226
- Soren Jensen, Mary L Droser, James G Gehling. Trace fossil preservation and the early evolution of animals [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2005, 220(1-2): 19-29
- Luis A Buatois, M Gabriela Mangano. Trace fossil analysis of lacustrine facies and basins [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1998, 140(1-4): 367-382
- 施振生, 杨威, 郭长敏. 等. 遗迹化石在层序地层学中的应用 [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]
- Luis A Buatois, M Gabriela Mangano. Trace fossils from Carboniferous floodplain deposits in western Argentina: implication for ichnofacies models of continental environments [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2002, 183: 71-86
- Marshall P, Trewin N, Hartley A. Ichnofossils of the Psilonichnus ichnofacies and their paleoecological and paleoenvironmental significance in the Scottish Middle Jurassic [J]. *Ichnos*, 2002, 9: 95-108
- 龚一鸣. 中国的遗迹化石研究 [J]. *矿物岩石*, 2001, 21(3): 205-207 [Gong Yiming. Study of trace fossils in China [J]. *Journal Mineral Petrology*, 2001, 21(3): 205-207]
- 胡斌, 周方, 宋慧波. 河南焦作地区下二叠统太原组遗迹化石及其沉积环境 [J]. *古地理学报*, 2010, 12(5): 577-588 [Hu Bin, Zhou Fang, Song Huibo. Ichnofossils and their sedimentary environments in the Lower Permian Taiyuan Formation in Jiaozuo area, Henan Province [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2010, 12(5): 577-588]
- 胡斌, 杨文涛, 宋慧波, 等. 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 [J]. *沉积学报*, 2009, 27(4): 573-582 [Hu Bin, Yang Wentao, Song Huibo, et al. Trace fossils and ichnofabrics in the Heshangou Formation of lacustrine deposits, Jiuyuan Area, Henan Province [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2009, 27(4): 573-582]
- 施振生, 朱筱敏, 王贵文, 等. 塔里木盆地志留系遗迹化石组合及其沉积环境 [J]. *西安石油大学学报: 自然科学版*, 2004, 19(4): 32-39 [Shi Zhensheng, Zhu Xiaomin, Wang Guiwen, et al. Silurian ichnoassemblages of Tarim Basin and their sedimentary environments [J]. *Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition*, 2004, 19(4): 32-39]
- 段水强, 吴秀琴. 德令哈盆地水资源开发潜力分析 [J]. *青海科技*, 2005, 2: 13-14 [Duan Shuiqiang, Wu Xiuqin. Analysis of the water resources development potential in Qaidam Basin [J]. *Qinghai Science and Technology*, 2005, 2: 13-14]
- 杨明慧. 德令哈中生代沉积盆地成因类型及其与南祁连造山带的关系 [J]. *西北地质科学*, 1999, 20(1): 15-22 [Yang Minghui. The genetic type of the Delingha Mesozoic sedimentary basin and its relationship with the south Qilian Orogenic belt [J]. *Northwest Geoscience*, 1999, 20(1): 15-22]
- 青海省地质矿产局. 青海省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1991 [Bureau of Geology and Mineral Resource of Qinghai Province. Regional Geology of Qinghai Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991]
- Keighley D G, Pickerill R K. The ichnotaxa *Palaeophycus* and *Planolites*: historical perspectives and recommendations [J]. *Ichnos*, 1995, 3: 301-309
- 施振生, 杨威, 郭长敏. 等. 川中-川南地区上三叠统滨浅湖沉积中的遗迹化石 [J]. *古生物学报*, 2007, 46(4): 453-463 [Shi Zhensheng, Yang Wei, Guo Changmin, et al. Ichnocoenosis of shore-shallow lacustrine Upper Triassic in central and south Sichuan Province

- [J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 2007, 46(4): 453-463]
- 18 Alpert S P. Systematic review of the genus *Skolithos* [J]. *Journal of Paleontology*, 1974, 48(4): 661-668
- 19 杨式溥. 遗迹化石的古环境和古地理意义[J]. *古地理学报*, 1999, 1(1): 7-19 [Yang Shifu. Palaeoenvironmental and palaeogeographic significance of trace fossils[J]. *Journal of Palaeogeography*, 1999, 1(1): 7-19]
- 20 Wetzel A. Ecologic interpretation of deep sea trace fossil communities [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1991, 85: 47-69
- 21 Wetzel A A, Bromley R G. Cretaceous chalk ichnofacies in Northern Europe [J]. *Lyon, France: Proc. First Intern. Cong. Paleocologie*, 1984: 201-204
- 21 Crimes T P, Happer J C. Trace fossils [J]. *Geological Journal Special Issue*, 1977, 9: 1-351
- 23 Lockley M G. The Paleobiological and paleoenvironmental important of Dinosaur foot prints [J]. *Palaios*, 1986, 1: 37-47
- 24 陈云明, 王建, 白培荣, 等. 贵阳乌当泥盆系马鬃岭组上部地层中的遗迹化石 [J]. *贵州地质* 2005, 22(4): 273-269 [Chen Yunming, Wang Jian, Bai Peirong, et al. Trace fossils of the Middle Devonian Mazongling Formation at Wudang, Guiyang, Guizhou Province [J]. *Guizhou Geology*, 2005, 22(4): 273-269]
- 25 施振生, 朱筱敏, 王贵文, 等. 塔里木盆地塔中地区志留系塔塔埃塔格组潮坪沉积中的遗迹化石 [J]. *沉积学报*, 2005, 23(1): 91-99 [Shi Zhensheng, Zhu Xiaomin, Wang Guiwen, et al. Trace fossils of tidal flat Tataertage Formation (Silurian) in central Tarim Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2005, 23(1): 91-99]
- 26 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, Su-bei Basin, Jiangsu Province [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2006, 24(1): 81-89]

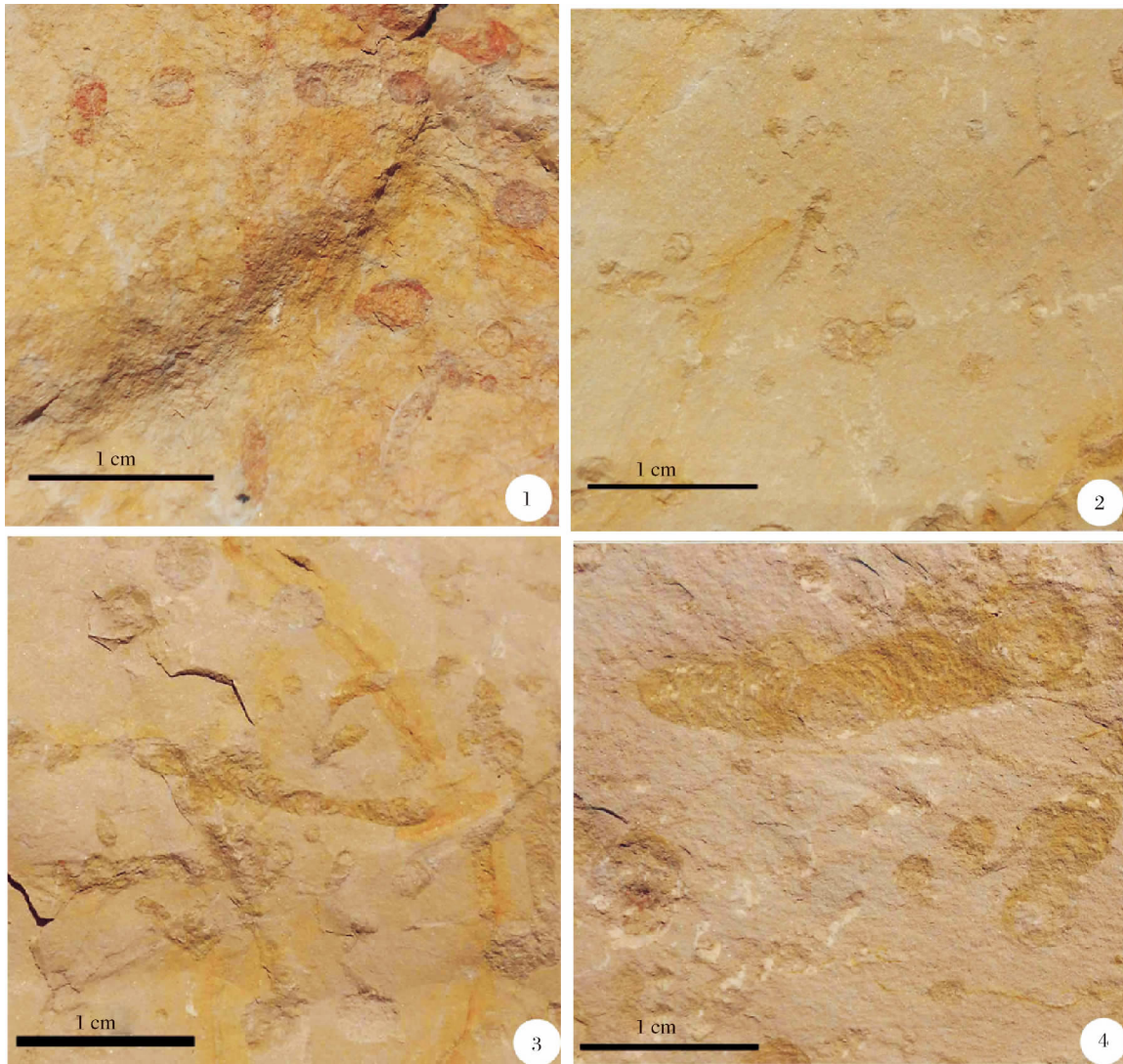
## Trace Fossil Assemblages in the Miocene from Northeast Margin of Qaidam Basin and Its Sedimentary Environment

GAO Zheng-hai LI Rui-yun WANG Qiu-jun DONG Chong  
YAN De-fei SUN Bai-nian

(School of Earth Science, Lanzhou University, Lanzhou 730000)

**Abstract:** It is significant to study trace fossils for the recovery of paleontological activity patterns, habits and paleoenvironment. They can provide more exact information than body fossils. Trace fossils were found in the Miocene strata from northeast margin of the Qaidam Basin. The fossil-bearing horizon is beside Tuosu Lake and Keluke Lake. The specimens occur in a fine-grained siltstone. Trace fossils consist of 2 types including at least 4 ichnogenus and 4 ichnospecies: *Palaeopycus heberti*, *Skolithos vertical*, *Scoyenia gracilis* and *Taenidium satanassi*. The specimens are abundant and clear. *Palaeopycus heberti* and *Skolithos vertical* are attributed to Domichnia. *Scoyenia gracilis* and *Taenidium satanassi* are attributed to Fodinichnia. Based on the distribution and morphology of the trace fossils and analysis of paleoenvironment, one kind of assemblages is recognized: *Scoyenia-Taenidium-Skolithos* assemblage, presents itself in shallow lacustrine sediments under moist climate. The discovery of trace fossils filled the biological and environmental data in the Qaidam Basin.

**Key Words:** trace fossil; lacustrine sedimentary environment; Miocene; Shuanghu area; Qaidam Basin



图版 I 说明: 本文所描述的遗迹化石产自青海德令哈中新统上干柴沟组, 标本保存于兰州大学古生物学与地层学研究所。1. 赫伯特古藻迹 *Palaeopycus heberti* Saporta, 1872 标本编号 TS-4-6; 2. 垂直石针迹 *Skolithos verticalis* (Hall, 1942) 标本编号 TS-4-7; 3. 纤细斯柯茵迹 *Scoyenia gracilis* White, 1929 标本编号 TS-4-1; 4. 箱形条带迹 *Taenidium satanassi* D' Alessandro et Bronley, 1987 标本编号 TS-4-5。