

遗迹化石的地质意义

徐 怀 大

(武汉地质学院北京研究生部)

遗迹化石是古代生物在底层内或底层层面上进行钻穴、行走、栖息、觅食、逃跑、隐伏等活动时留下的遗迹。它是化石记录的一部分，也是古生物学组成部分。因此，在地层学及沉积学方面都有一定的意义。

一 生物遗迹化石的地层学意义

遗迹化石在地层学上的用途很多。它包括：作为对比地层的标准化石；确定地层的顶、底面；确定地层的压实程度；确定实体化石出现之前的寒武纪（或显生宙）的真实下界。

（一）划分地层

用来划分地层时代的理想遗迹化石应具备以下条件：（1）分布广泛；（2）在沉积物内或沉积物表面留下它们的活动记录；（3）属于一种迅速演化的动物群；（4）不受相的影响。对于第四条，遗迹化石较难满足。然而，对于那些实体化石很少，但遗迹化石丰富的地层，遗迹化石在地层划分和对比上则有巨大的潜力。有些遗迹化石分布时代很短，可以把地层划分到统，如*Astropolithon*, *Plagiogmus*, *Syringomorpha* 可以作为下寒武统的标准遗迹化石。有些遗迹化石虽然分布时代较长，但仍有其地层意义（表1）。

到目前为止，在利用遗迹化石进行地层划分上，下古生代地层中的三叶虫遗迹犁沟（*Cruziana*）研究得最详细。A·Seilacher（1970）把30个时代分布狭窄的 *Cruziana*种综合于表2中，其图形见图1。从表2看出，有一个种*C·Semiplicata*常见于上寒武纪，但未分布到阿伦尼克层中。而另一个种*C·furcifera*在阿伦尼克层中产出丰富，但不见于上寒武统中。在中间的特马豆阶可同时找到这两个种。因此人们曾经利用这两种遗迹化石的分布，去划分英国威尔士、西班牙、纽芬兰、波兰的寒武系与奥陶系的界线。同时，这两个化石对于北非、西欧、南美、中东一带同一地层的划分也具有极大的意义。这些地区的上寒武—上奥陶统，有些是厚度超过500米的砂岩。砂岩中不含实体化石，但是遗迹化石却很丰富。因此，这二种化石可能是划分这套地层的唯一手段。

（二）确定前寒武系与寒武系界线

以往的中国地质学或地史学中，寒武系的底界定在实体化石三叶虫*Redlicha*第一次出现的地方，地质年龄大约是5.7亿年。从这时开始算为显生宙。然而，这是否是显生宙

某些遗迹化石的已知分布范围表 表 1

分布时代 遗迹化石名称	寒武纪			特 马 豆	奥陶纪					志留纪		泥盆纪		
	下	中	上		阿 尔 尼 克	兰 维 恩	兰 代 洛	喀 拉 多 克	阿 石 极	下	上	下	中	上
<i>C. cantabrica</i>	—													
<i>C. fasciculata</i>	—													
<i>C. dispar</i>	—													
<i>C. carinata</i>	—													
<i>C. barbata</i>		—												
<i>C. arizonensis</i>		—												
<i>C. semiplicata</i>			—											
<i>C. polonica</i>			—											
<i>C. jenningsi</i>	—													
<i>C. omanica</i>			—	—										
<i>C. imbricata</i>				—										
<i>C. furcifera</i>				—	—									
<i>C. rugosa</i>				—	—									
<i>C. goldfussi</i>				—	—									
<i>C. grenvillensis</i>								—						
<i>C. petraea</i>								—						
<i>C. flammosa</i>								—						
<i>C. perucca</i>								—						
<i>C. lineata</i>								—						
<i>C. carleyi</i>					—	—								
<i>C. pudica</i>								—	—					
<i>C. ancora</i>										—	—			
<i>C. acacensis</i>										—	—			
<i>C. pedroana</i>										—	—			
<i>C. quadrata</i>										—	—			
<i>C. dilatata</i>								—	—					
<i>C. uniloba</i>												—		
<i>C. lobosa</i>													—	
<i>C. rhenana</i>														—

的起点呢？前寒武系中有没有动物呢？

记录到的最老的遗迹化石是美国大峡谷系中的一个潜穴系统。据信它是由一种环虫（annelid）的蠕虫状生物构筑的，其年龄在10亿年以上（Glaessner, 1969）。澳大利亚的白金汉砂岩和阿雷永加组中发现垂直潜穴，其地层年龄约为八亿年（Glaessner, 1969）。

Cruziana种的已知时代分布范围表

表 2

分布地层 遗迹化石名称	先寒武系	寒武系	奥陶系	志留系	泥盆系	石炭系	二叠系	三叠系	侏罗系	白垩系	古新统	始新统	渐新统
<i>Acanthorhapha</i>													
<i>Asterosoma</i>													
<i>A. trepolithon</i>													
<i>Atollites</i>													
<i>Belorhapha</i>													
<i>Crossopodia</i>													
<i>Cruziana</i>													
<i>Desmograption</i>													
<i>Dictyodora</i>													
<i>Dimorphichnus</i>													
<i>Diplichnites</i>													
<i>Favreina</i>													
<i>Glockeria</i>													
<i>Helicolithus</i>													
<i>Helicorhapha</i>													
<i>Helminthoida</i> (S.L.)													
<i>Megagraption</i>													
<i>Oldhamia</i>													
<i>Ophiomorpha</i>													
<i>Platygmus</i>													
<i>Rusophycus</i>													
<i>Spirophyucus</i>													
<i>Spirorhapha</i> *													
<i>Spongiomorpha</i>													
<i>Squamodictyon</i>													
<i>Subphyllochorda</i>													
<i>Syringomorpha</i>													
<i>Thalassinoides</i>													
<i>Tomaculum</i>													
<i>Urohelminthoida</i>													

Ranford等, 1965)。Webby(1970)在澳大利亚南威尔士州的托拉万吉群中, Glaessner (1969)在南澳大利亚的埃迪阿卡拉层中找到更多的遗迹化石, 其年令都在六亿年左右。Banks(1970)在挪威的芬马克和格陵兰, Cowie及Spencer(1970)在先寒武纪晚期冰碛层以上找到了三叶虫遗迹。Crimes(1970)在西班牙北部最早出现三叶虫化

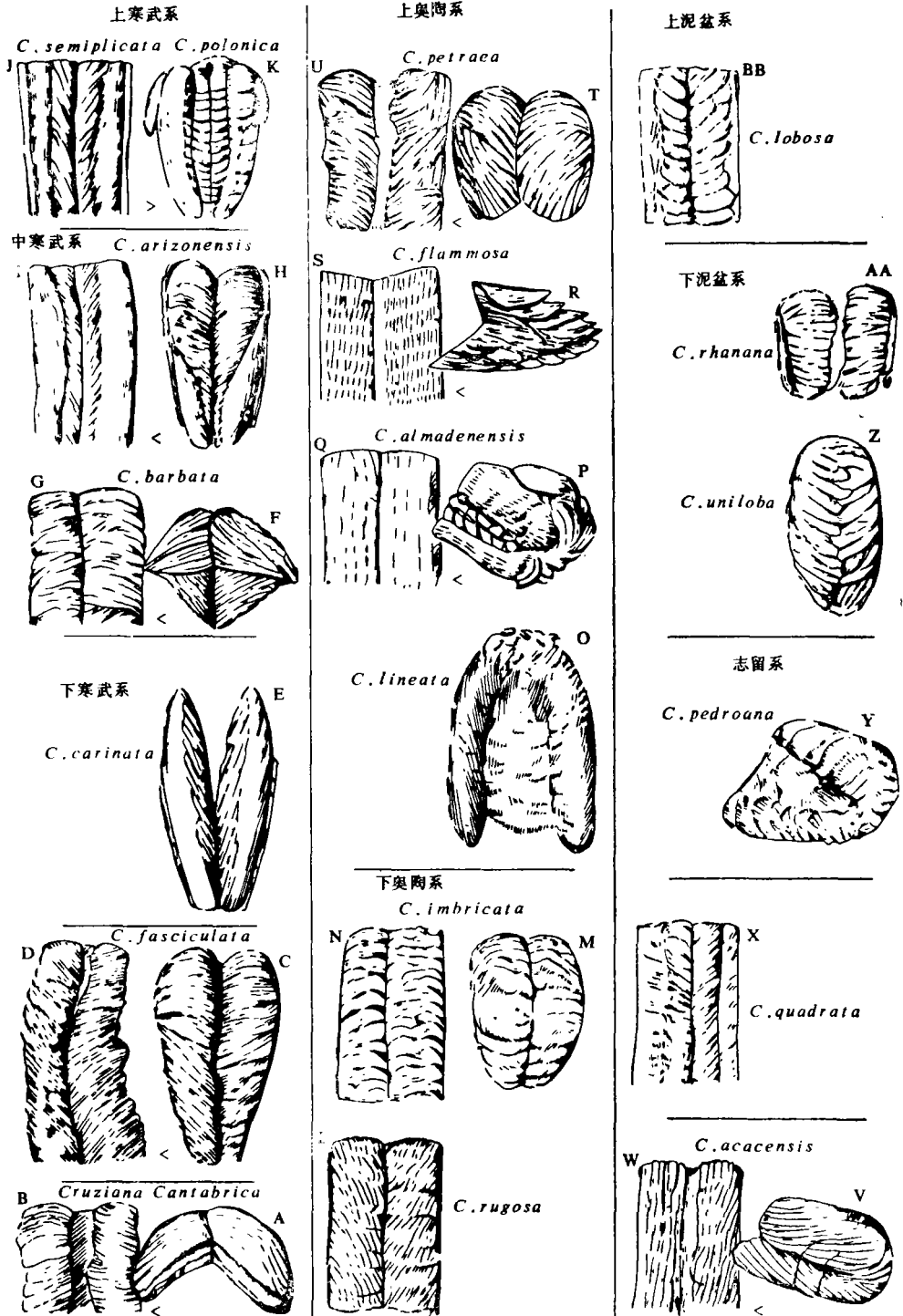


图1 古生代的Cruziana种及其地层分布图

石的地层下面1000米处，找到了三叶虫的遗迹化石。在澳大利亚和加拿大也见到同样的现象。这些事实说明在先寒武纪已有某种类似三叶虫的动物存在。

象三叶虫这样复杂的动物，在寒武纪突然出现是长期令人迷惑之事。多数人认为，在寒武纪以前应有某种和三叶虫类似的动物，只因没有形成硬的骨骼而未保存下来。既有生物存在，就会留下它们生活的遗迹。如先寒武纪晚期的三叶虫犁沟Cruziana的形态与寒武纪的就稍有不同，沟比较浅，体肢与体轴的交角较大，说明其运动效率较低。尽管三叶虫如何由软体变为硬体的问题还有待追究，但是这些遗迹化石的存在，对确定寒武纪的下界是有帮助的。

(三) 确定地层顶底面

在没有实体化石的地层中，可利用遗迹化石作为指示地层顶底面的标志。最典型的是U形潜穴，其上端开口的方向一定指示地层的顶面；一些三叶虫的犁沟(Cruziana)或停息坑(Rusophycus)处在地层的表面上，其凹坑指示地层顶面。

(四) 研究地层的压实和变形作用

大多数被沉积物充填的蠕虫潜穴，原来都是园柱形的。地层经压实后，垂直于层面的潜穴仍然保持园柱形，平行于层面的潜穴遭受变形，剖面上变成椭圆形(图2)。如果组成潜穴的物质与周围沉积物质相同，则椭圆两轴的长度可以用来计算潜穴形成后就承受的压实程度。图2A所示为园形潜穴因压实而变扁。通过作出与椭圆面积相等的园形，

并比较其纵轴，可以确定压实程度。图中B表示潜穴未受压实，依然保持园形。当受压后变扁，并通过测量其受压程度可得出基质压实的数值。当潜穴内的颗粒粗，围岩基质颗粒细时，则潜穴周围的基质将因压实程度较大而发生弯曲(图2B—C)。同样，依据遗迹的变形程度可度量岩石变形的规模。图2E表示Cruziana的遗迹，在未变形前应当是 $x_1 = x_2, \alpha_1 = \alpha_2, y_1 = y_2$ 。变形后可能不等。因此，可利用它来度量变形的规模。U形管也可用来研究岩石中发生的应变。

由于组成遗迹化石的岩性与围岩岩性大致一样，因此利用遗迹化石研究压实和变形程度更为可靠。

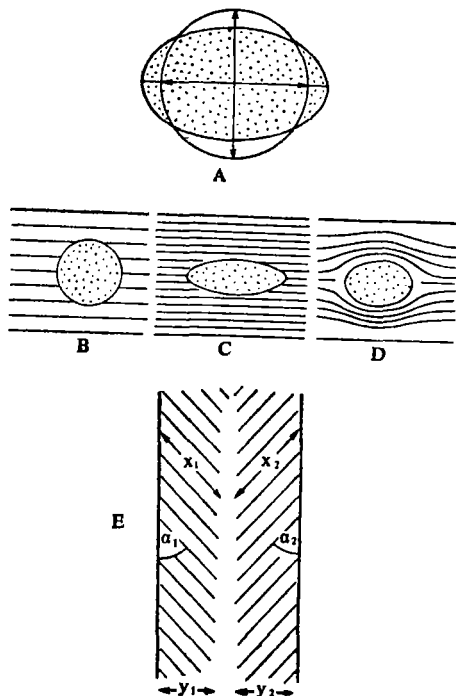


图2 潜穴随沉积物压实而形变示意图

二 生物遗迹化石的沉积学意义

(一) 遗迹化石在恢复古地理上的应用

Seilacher (1964, 1967) 曾经根据少数受深度控制的遗迹化石组合, 提出一个适用于整个显生宙的“通用遗迹化石组合相”概念。这些组合以水深增加为序, 按每个组合中的特征性遗迹化石分别命名为: Glossifungites和Skolithos相(主要是沿岸滨海带); Cruziana相(滨海带到波浪底); Zoophycos相(波浪底到浊流沉积带)和Nereites相(浊流带)。以下分别叙述。

1. 滨海带: 石质海岸及卵石海岸

根据岩石中存在的大量钻孔可推断存在石质海岸线。最常见的钻孔生物有海绵、帚虫类、星虫类、多毛类、腹足类、双壳类、海胆类和蔓足类。有些生物可以在140米水深处的岩石上钻孔, 但丰富的海绵钻孔生物遗迹组合一般指示100米以内的水深。

2. 滨海带: 砂质海岸

生活在这个环境中的动物, 每天都要经受潮汐和波浪的冲击、干燥和蒸发的考验, 以及水温盐度的变化。因此能够生存的底栖动物相当少。而能在这种环境下生活的动物, 多半从沉积物表面逃逸到永久或半永久的潜穴中, 以减少环境对它们的影响。所以这个带内以层内遗迹垂直潜穴 Skolithos 占绝对优势。U形潜穴 Diplocraterion 及 Arenicolites 也常见。这种U形潜穴的内壁都有一层用以加固的衬里。其成分可以是粘液(如 *Arenicola marina*)、小球粒(如 *Ophiomorpha*)、有孔虫壳体、或者微粪化石(如 *Thalassinoides*)。在这个带, 沉积层的表面, 遗迹化石极为稀少。在现代海中, 这个带主要由产生潜穴的甲壳类所占据。

3. 浅海带:

此带, 快速流动的波浪和潮流扫荡并侵蚀着相当厚的沉积物, 影响着固着底栖造迹生物的生存。因此在该带主要出现一些沿沉积物表面自由觅食的底栖生物和它们的潜穴及遗迹。古生代早期, 在这个地带, 主要是三叶虫的遗迹。如 *Cruziana*, *Rusophyous*, *Diplichnites* 和 *Dimorphichnus* 等。Seilacher (1964) 把它命名为“*Cruziana*”相。在以后的地质年代里, 其它节肢动物, 特别是甲壳类代替了三叶虫。出现了 *Thalassinoides* 和 *Rhizocorallium* 的潜穴。在浅海带较深的部分, 由于沉积物中有机质含量增加, *Corophioides*、*Teichichnus* 和 *Phycodes* 等类型的觅食潜穴发育。通常斜交于层面的 *Rhizocorallium* 也随水深的增加而变成水平潜穴。

4. 半深海及深海带

这两个带环境安静, 但可以被过路的浊流所扰动。该带的较浅部分堆积了细砂、粉砂或石灰质, 出现了 *Zoophycos* 和 *Spirophyton* 等较复杂的觅食潜穴。这些堆积有时被浊流所侵蚀, 但侵蚀的数量不大。远处侵蚀数量更小。随着流程的增加, 浊积岩粒度逐渐变细, 即“砂质复理石逐渐变”为“泥质复理石”。这种变化也影响到遗迹化石的变化。例如, 北美瓦其塔山区石炭系的 *Zoophycos* 带下面出现了 *Lorenzina* 形的放射状遗迹。更远的地层中, 则变为螺旋状、卷曲状和蛇曲状遗迹。最后变为 *Paleodictyon*。现

代深海中的生物遗迹也有类似的变化。

由上述看出，遗迹化石受沉积相和水深的双重控制。因此，如果把遗迹化石与实体化石、岩性、无机沉积构造及其它特征综合考虑，就可以得出岩相古地理在三度空间上的变化概况。Radwanski (1971) 根据岩石上的钻孔（海绵、多毛类、双壳类的钻孔）精确地勾出数十公里的中新世海岸线，其中有一公里多的石质海岸。Hecker等人(1962, 1966, 1970) 利用双壳类Lithophaga和穿贝海绵Cliona的钻孔，编出白垩纪阿普第期的崖岸和石质海底图。

在没有露头的地区，可以利用钻井取心的资料，研究垂向上的遗迹化石相带的变化。例如：Seilacher (1963) 利用遗迹化石证明了伊拉克哈布尔石英岩有一水深逐渐增加的垂向层序：从滨海相的“Skolithos相，经过Cruziana相和Zoophycos相，进到深水的Nereites相。Crimes (1973) 研究过西班牙北部白垩纪到始新世复理石剖面。其遗迹化石相的变化是从Zoophycos变为放射状遗迹，再变为蛇曲状、螺旋状和图案式遗迹。由于生物遗迹组合反映了水深。有人甚至利用Cruziana（浅水）和Nereites（深水）的分布，确定在下奥陶纪时期，从欧洲的爱尔兰海到北美的纽芬兰有一广海相连。其南侧为浅海（Cruziana相），北侧为深海（Nereites相），两个相带间的迅速过渡反映了它们中间有一基础断裂把南北两个地块分开（图3）。

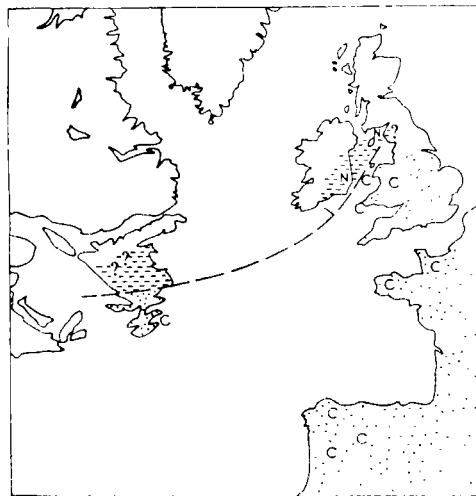


图3北大西洋奥陶系相的关系

N: 深水含Nereites C: 浅水含Cruziana

(二) 遗迹化石在沉积学研究中的应用

生物遗迹是一种生物成因的沉积构造，其重要程度不亚于无机成因的沉积构造。在研究这些遗迹构造时，首先对生物的活动应有如下的认识：（1）是形成新的、破坏旧的结构构造的过程；（2）是聚集、加工和改造沉积物的一种机制；（3）是确定沉积或侵蚀速度的一种方法；（4）是研究造迹生物进食方式、海水温度、盐度、含氧量、底层硬度等生态环境的标志。

1. 生物成因与物理成因沉积构造的关系

生存在底层内部或表面上的底栖生物, 在沉积作用发生的同时, 便参与扰动、改造、甚至完全破坏早先由物理作用形成的结构和构造。

一般来说, 水流和波浪能量的减弱, 必然伴生以生物再加工程度的增强。图4为美国

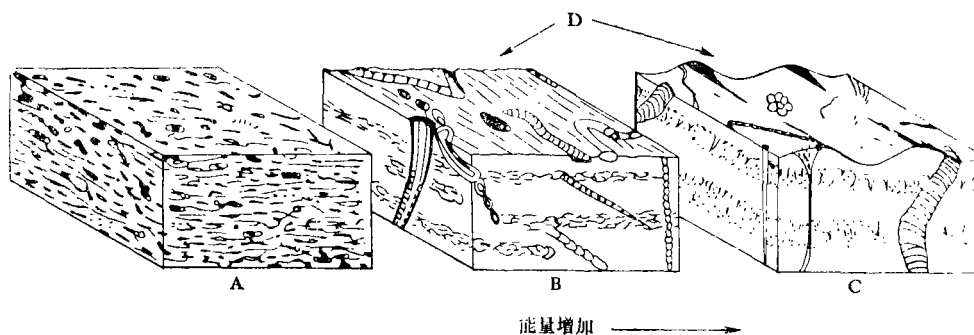


图4 生物遗迹化石组合随水流能量增加而减少示意图

犹他州瓦萨赤高原和书崖上白垩统的遗迹化石组合。图中波浪海流能量向右增加, 而泥质、有机物质和生物扰动造成的斑丛构造则向右减少。A—B为粉砂岩—细砂岩—粗砂岩; 遗迹化石由易于辨认到具单个潜穴; D为层面上的足迹和印痕。这种递变反映了相的变化。因此, 在一般情况下, 岸外会有一个高度生物扰动的滨外相; 向陆方向有一个物理作用与生物作用大致均衡的过渡地带; 然后是物理作用占优势的近岸带。这种侧向变化规律也表现在垂向变化上。

2. 生物遗迹与沉积速度的关系

沉积物一般都是短暂沉积事件的产物, 而中间的侵蚀或无沉积时期则占据了相当长的时间。一个连续的、缓慢的、不停顿的沉积, 一般要接受大群造迹生物的不断改造, 彻底破坏其原生结构和构造, 甚至造成斑丛状构造。在这遗迹中, 有钻进底层里的也有制造与底层表面相通的开口潜穴的。它们彼此之间复杂交织着。反之, 在一个连续的快速沉积物中, 一般很少见到生物扰动现象。此外, 下伏沉积物表面附近的造迹生物, 在新沉积物把它掩埋之后会产生逃逸构造。当沉积速度缓慢时, 这种逃逸是完全可能的; 但当沉积速度快、上覆新沉积物厚度超过30厘米, 通常无法逃逸而窒息致死。在这种快速沉积的情况下, 新的沉积物表面, 有可能繁殖着一种新的造迹生物组合, 产生与下伏沉积物表面不同的遗迹。因此, 遗迹化石有很多属于“分界面现象”。即在层面附近最丰富, 且由于上下地层间的岩性、颜色及结构上的反差, 使得这种现象更突出。

自然界的沉积速度是不断变化的, 并不时为一些小的侵蚀作用所中断。例如, 海中的一次风暴, 侵蚀了海底, 悬浮起大量沉积物。粗粒物质迅速在新场所堆积下来, 而细粒物质则在风暴停息后逐渐再沉积下来。在这个周期中沉积速度逐渐变慢。下部快速沉

积物中, 遗迹化石极少被保存下来; 而上部则因造迹生物重新活动, 产生生物扰动结构, 从而形成“从平行纹层到生物潜穴”这样一种旋回式的沉积。

3. 遗迹化石可作为沉积和侵蚀作用的标志

造迹生物为了生存、获取食物、摆脱困境, 必然对沉积作用和侵蚀作用作出反应。这种反映主要是在生物遗迹的构型上。Schafer (1972) 称之为“化石结构构型”。这些构型基本上是由于造迹生物为了对付新沉积物的掩埋或者所居住底层的侵蚀而作的深度调整。Goldring (1964) 对这种现象和典型的化石结构构型作了精辟的阐述(图5)。图中A为具有单一吸水管的瓣鳃类Mya的活动图案。其中(1)示沉积物表面不变, 由于

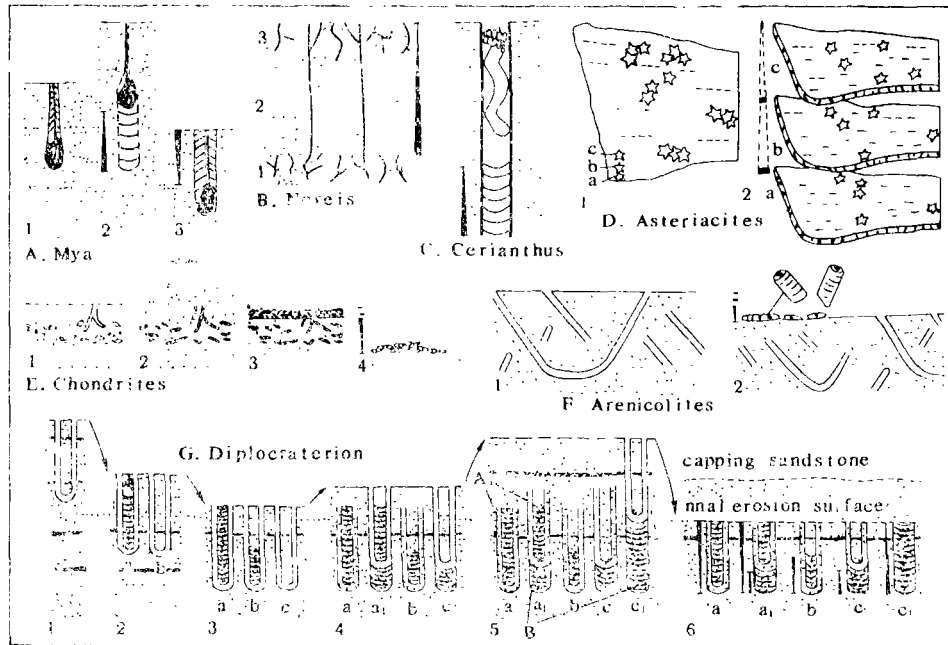


图5 各科生物遗迹与沉积、侵蚀关系的保存模式图

Mya的成长, 潜穴逐渐加深; (2)示由于快速沉积, 表面加高, 生物潜穴也逐渐升高; (3)表示沉积物表面遭受侵蚀, Mya为维持其正常生活, 逐渐加深其潜穴。图中B为多毛类蠕虫Nereis的活动图案。其中(1)为老的生活表面; (2)为快速沉积的新沉积物, Nereis在被掩埋后垂直(2)逃出掩埋物进入(3)在新的沉积表面繁殖生存。(1)与(3)的潜穴一般用粘液加衬。图中C为居住在单一管道中的一种海葵Cerianthus。当发生沉积作用时, 动物向上活动, 下面留下一段被填充的潜穴。估计Skolithos和Monocroteterion也具有类似的活动图案。图中D是海星类的停息痕Asteriacites Iumbricalis。E为遗迹化石Chondrites的保存图案。其中(1)为原始生活沉积物中的隧道系统; (2)为新沉积物与被掩埋层面间的保存方式; (3)为经受了轻微侵蚀, 潜穴上端被清除后, 又被新沉积物掩埋, 形成隐蔽的层面结合保存方式; (4)为再次遭受侵蚀, 老的沉积物被簸扬掉

了，一些断裂的衬有粘液的潜穴管被沉积物充填后作为埋藏保存方式保留下来。F 为遗迹化石 *Arenicolites* 的保存图案。其中 (1) 是原始沉积物中具有开口的 U 形管潜穴。(2) 是经过侵蚀后，潜穴断裂，其中充填了新的沉积物，以层内砾石的方式保存下来。G 为遗迹化石 *Diplocraterion yoyo* 的活动图案。其中 1—5 表示：遭受侵蚀时，U 形管向下转移；接受沉积时，U 形管向上转移；最后所有 U 形管都废弃了，保留在同一个侵蚀面上。

4. 遗迹化石可指示水流方向

某些造迹生物在水流中的足迹是极好的水流标志。Seilacher (1955) Crimes (1970) Banks (1970) 等人详细研究过三叶虫足迹 *Dimorphichnus*，认为三叶虫在正常运动时，其足迹呈对称的 V 形。当有水流冲击时，则出现单侧的雁行排列足迹，从而指示了水流的方向。此外，某些生物为猎取食物，潜穴顺水方向成行排列，也指示了水流方向。

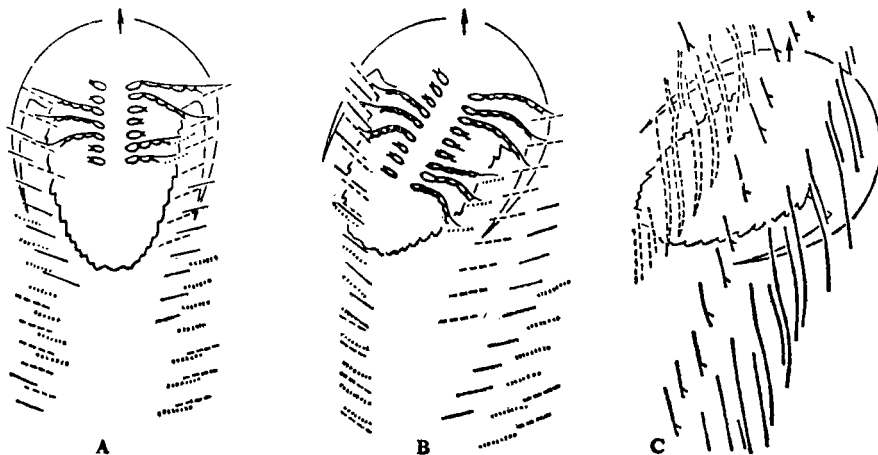


图 6 三叶虫足迹底视图

A: 平行体轴运动; B: 运动方向稍与体轴斜交; C: 运动方向斜交于体轴
(据 Osgood, 1970, Seilacher, 1955)

5. 遗迹化石与底层硬度(稠度)的关系

底层沉积物的质量(密度、稠度、硬度)对生物的分布有很大影响。从纯砂组成的底层到全部由粘土组成的底层之间，在遗迹化石上有一个连续变化的“结构谱”。由纯砂组成的底层属于高能量端元，处于经常侵蚀和沉积的环境。其中造迹生物的种和个体极少，有也是一些食悬浮物的动物，建筑一些很深的潜穴。在全部由粘土组成的底层中，造迹生物全由食沉积物动物组成，种和个体也很少。此外，现代沉积的研究表明，在触变性不稳定泥质沉积中的滤食性动物，大多建造厚的潜穴，以克服沉积物的不稳定性，并在潜穴附近形成原生变形层理。

6. 遗迹化石在重塑古环境中的应用

前面讨论过遗迹化石的水深分带 (Seilacher 1967)。谈到过 Skolithos “相” 指示潮间带或极浅的水带; Glossifungites “相” 通常指示浅水碳酸盐环境; Cruziana “相” 指示受波浪影响的陆棚; Zoophycos 和 Nereires “相” 指示深水环境; Scoyenia “相” 指示红层及其它陆相沉积。这种分带现象反映了造迹生物食性上的变化。即近岸的浅水地带, 由于波浪的干扰, 食物主要悬浮在水中, 所以造迹生物主要是一些悬浮物或滤食动物。在深的岸外地区, 由于食物沉积在安静的底层, 因此, 主要是一些底栖的食沉积物动物遗迹。

深度分带的一个原因是盐度和温度的变化。图7表示马萨诸塞州波卡塞特河河口湾高潮与低潮时水的盐度变化。图8表示加利福尼亚州托马利斯湾一个潮周期中, 潮间砂坪内的温度变化。两图都说明, 深潜穴生物 (深度 ≥ 5 厘米以上者) 所经受的盐度和温度变化比生活在沉积物表面的表栖动物所经受的温度和盐变化小得多。因此, 造迹生物的这种分带现象, 对研究古沉积环境是十分有助的

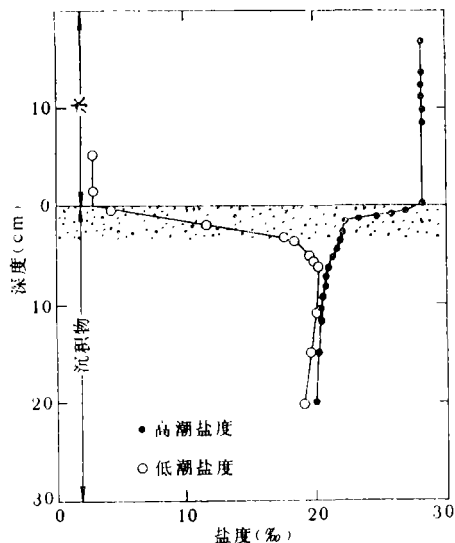


图7 高潮与低潮时水中及沉积物中的盐度变化图

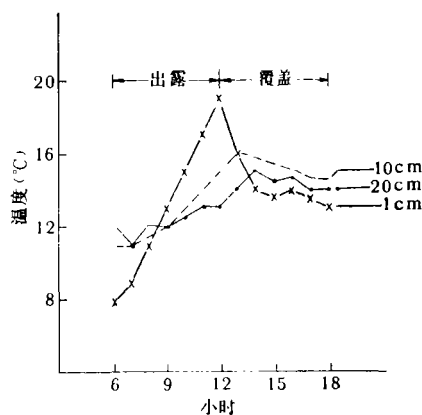


图8 潮间砂坪中一个潮周期期间的温度变化图

7. 根据遗迹和实体化石的相对丰度恢复古环境

D·C·Rhoads (1975) 和他的学生们以 Schafer (1972) 的生物相概念为基础, 综合了实体化石的相对丰度, 提出了一个恢复古沉积环境的概念模型 (图9)。

在应用这个模型时, 要注意以下几点: (1) 它只是概念性的; (2) 只适用于数十英尺厚的剖面; (3) 有很多生物遗迹在岩石中肉眼看不到, 必须切片或作醋酸揭片。这个模型分为遗迹化石稀少和遗迹化石常见两大类。下面分别叙述。

A 遗迹化石稀少

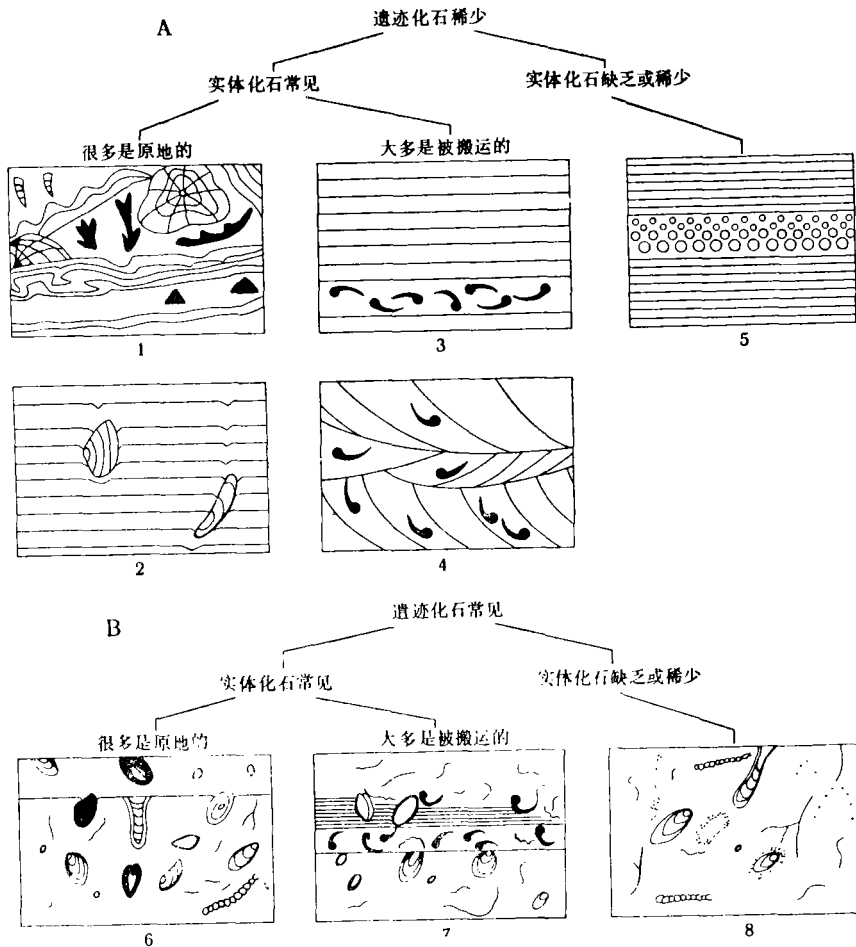


图9 根据遗迹化石与实体化石的相对丰度解释古沉积环境图

(1)丰富的原地实体化石，伴有稀少的遗迹化石。可能表示坚硬的或者某种不能钻入的底层。可能出现的遗迹是钻孔(即Glossifungites相)。实体化石主要是外生的食悬浮物动物，所指示的环境是礁、生物层，侵蚀或者没有沉积的硬底层。

(2)极高的沉积速度可以产生遗迹化石稀少的沉积物，偶而见有原地实体化石。这种地层可能代表造迹生物中的一些投机种在高混浊度、高沉积速度和低盐度或变化的盐度背景上的周期性定居，所指示的沉积环境为三角洲台地。

(3)遗迹化石稀少，但实体化石由浊流或者外生浮游生物的筏运而被搬运到缺氧盆地中。风暴把实体化石搬运到高沉积速度区，在一些化石贫瘠的沉积物中，造成壳体的集中，反映出浊流盆地或三角洲台地沉积环境。

(4)与(3)相似。但产有大型交错层。代表一种经常被潮流或波浪再加工的壳滩

型底。指示潮水道或高能海滩环境。

(5) 没有实体化石也没有遗迹化石(不包括成岩作用破坏造成的化石缺乏)。一般是通气很差的缺氧盆地或是砂质高能量的岸外沉积环境。

B. 遗迹化石常见

(6) 遗迹化石常见, 实体化石也常见, 且多为原生实体化石。指示水的能量低。底层具充分的生物扰动, 指示沉积速度低。通常为充氧的深水或受保护的浅水陆棚环境。

(7) 在此类环境内常见剥离后再沉积的脱了关节的实体化石层, 其上下岩性为(1)所述的岩性。这种分布代表水底偶然被风暴引起的浅滩波浪再加工, 而它的前后都是静水条件。指示开阔海洋陆棚环境。

(8) 基本上没有实体化石, 但沉积物被生物扰动。指示低氧环境或者高盐度泻湖。上述分类仅供鉴别环境时的参考。

本文在编写过程中, 蒙杨遵义教授的指导, 特致谢意。

(收稿日期: 1984年4月29日)

参 考 文 献

- [1] Frey, R. W. (ed.), 1974, The study of trace fossils.
- [2] Reineck, H. E. and Singh, I. B., 1973, Depositional sedimentary environments.
- [3] Rigby, J. K. and Hamblin, W. K. (eds.), Recognition of ancient sedimentary environments.
- [4] Weimer, R. J., 1975, Deltaic and shallow marine sandstones: sedimentation, tectonics and petroleum occurrences.
- [5] Hantzschel, W., 1962, Trace fossils and prolematice. [In R. C. Moore (ed.), Treatise on invertebrate paleontology, part W, Miscellanea]

GEOLOGICAL IMPLICATIONS OF TRACE FOSSILS

Xu Huaida

(Beijing Department of postgraduates, Wuhan College of Geology)

Abstract

Extremely abundant biogenic trace fossils exist within the sediments of all kinds from Late Precambrian to Presentday. In respect of stratigraphy and sedimentology, it is quite meaningful to study them. In addition, trace fossils could: 1. Indicate compactness of sedimentary rocks, 2. Provide some clues to the directions of ancient water currents during sedimentation and, 3. Be used to determine the top and bottom surfaces of rock formation. In this paper, implications of trace fossils are discussed with stress on their application to stratigraphy and sedimentology.