遗迹化石与拓扑

龚一鸣　　司远兰
（中国地质大学，武汉 430074）　（中南民族学院，武汉，430074）

关键词　遗迹化石、遗迹学、生物、拓扑

一、问题的提出

遗迹化石与拓扑之间的关系是国内外遗迹学家未曾光顾的研究领域，从表面上看，二者似乎风马牛不相及，其实不然，它们之间有着密切的联系．这种联系是生物遗迹石化过程、保存过程的地质学特征和造迹生物的生物学属性的体现．

我们知道，在一定范围内，沉积物的压实、成岩和变形过程从几何学的角度看是原生沉积构造、结构形态发生连续变形的过程．在这个过程中圆形可变为扁圆形、甚至藕节形，细长柱体可变为短粗柱体、甚至不规则柱体，直线可变为曲线（图 1）．若图 1 均为生物遗迹，在属级水平上，它们可定名为 9 个不同的遗迹属．然而，根据拓扑不变量，图 1 的 a、b、c 组中的三图形均与第一图形同胚，它们最多只能定名为 3 个不同的拓扑遗迹属或拓扑遗迹类．由此可见，现在在地质文献中流行的众多遗迹化石属种其实是原生生物遗迹形态属种及其压实、成岩和变形形态属种的综合．因此，用拓扑遗迹属或拓扑类的概念来补充和丰富现有遗迹属种概念是完全必要的．

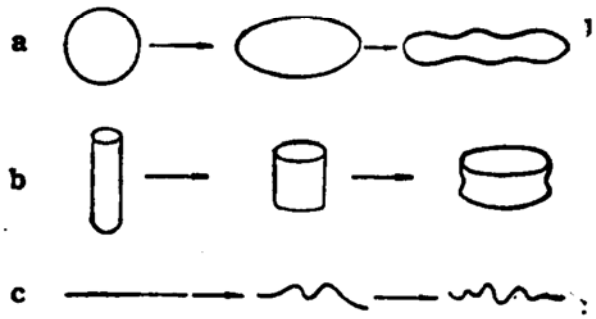

图 1　沉积岩的原生沉积形态在成岩和变形过程中可能形成的同胚形态

另一方面，近年的研究表明，在微观和宏观尺度上拓扑与造迹生物有着密切的联系，造迹生物 DNA 分子的三维空间拓扑构型对它在细胞里如何发挥其功能有重要影响；人类视觉、知觉具有整体的拓扑性．

二、遗迹化石的拓扑性及其地质意义

遗迹化石的拓扑性是指经过同胚映象或连续变形而不变的遗迹化石形态特征，如遗迹化石图形的分点、非分点、连通区数目、点的指数、一笔画成性、欧拉示性数等．

作者通过对新疆北部泥盆纪遗迹化石的综合研究（表 1、表 2）发现，遗迹化石的拓扑性或拓扑不变量具有多方面的地质意义：

1．能简化遗迹化石的分类单位，在一定范围内能排除压实、成岩和变形作用对遗迹化石原生形态歪曲所造成的人为划分，如表 1 中 29 个遗迹属根据其拓扑不变量类型和特征可归为 13 个拓扑类或称拓扑遗迹属．有些遗迹属种间的形态差异，与其说是原生生物遗迹形态的差

本文 1990 年 12 月 31 日收到．

表 1　新疆北部泥盆系遗迹化石形态、拓扑和习性分类

	大类	类	拓扑类	属	习性类
遗迹化石	生物遗迹	垂直遗迹	拓扑石针迹	*Skolithos*, *Bergaueria*	居住迹
				Fugichnia	逃跑迹
			拓扑漏斗迹	*Laevicyclus*, *Conostichus* *Monocraterion*	居住迹
		斜交遗迹	拓扑动藻迹	*Zoophycos*	觅食迹
			拓扑丛藻迹	*Chondrites*, *Megagrapton* *Thalassinoides*	
			拓扑墙形迹	*Teichichnus*	
			拓扑根珊瑚迹	*Rhizocorallium*	
			拓扑掌状迹	*phycodes*	
		水平遗迹	拓扑古网迹	*Paleodictyon*	牧食迹
			拓扑蛇曲迹	*Helminthoida*, *Cosmorhaphe*	
				Cochlichnus, *Planolites*, *Palaeophycus*, *Fucusopsis*	觅食迹
				Gordia	爬行迹
			拓扑梯管迹	*Scalarituba* *Neonereites* *Gyrichnites*	觅食迹
			拓扑二叶迹	*Didymaulichnus*, *Scolicia*	爬行迹
				Rusophycus	停息迹
			拓扑船形迹	*Pelecypodichnus*	
			拓扑放射迹	*Glockeria*	牧食迹
	生物扰动				

异，还不如说是相同的原生生物遗迹形态遭受到了差异压实、成岩和变形的结果。作者在东、西准噶尔泥盆系中的观察发现，*Helminthoida* 与 *Cosmorhaphe*；*Chondrites furcatus* 与 *C. intricatus* 和 *C. fenxiangensis*；*Planolites*、*Palaeophycus* 与 *Cochlichnus* 之间在欧氏几何形态上的差异，有时明显与其母岩遭受的差异压实和软变形作用有关。

2. 具单一拓扑构成的遗迹群落，如 *Skolithos*、*Palaeophycus*、*Scalarituba* 群落（表 2），其产出环境具较小的宽容性，仅适宜于某一种生态行为的稳定存在，即具单一拓扑构成的遗迹群落代表窄相环境，或造迹生物具排它性。具多种或复杂拓扑构成的遗迹群落，如 *Zoophycos*、*Paleodictyon* 群落（表 2），其产出环境具较大的宽容性，多种生态行为在该环境中均能稳定存在，即具多种或复杂拓扑构成的遗迹群落代表宽相环境。

3. 剖面上遗迹群落的拓扑构成由多到少或由简单到复杂的系统变化是沉积环境条件系统变化的反映。如在西准噶尔沙尔布尔提山剖面上，自洪古勒楞组下部至上部，遗迹群落为 *Skolithos* 群落 → *Monocraterion* 群落 → *Teichichnus* 群落 → *Zoophycos* 群落，与之对应的拓扑构成为 1 个连通区 →（2 + 1 + 1 + 3）个连通区 →（>2 + >2）个连通区 + 2 个非分

表2 新疆北部泥盆系遗迹群落和遗迹相类型、特征及其环境意义

群落和相	组成	群落类型		赋存岩性及特征	产地和层位	环境意义	拓扑不变量	
							类型	数量(个)
Skolithos	*Skolithos*	穿层群落	正常群落	灰岩,具干涉波痕 *Skolithos* 丰度高	和什托洛盖, D_3	动荡滨海	连通区	1
Monocraterion	*Monocraterion* *Bergaueria*, *Skolithos* *Conostichus*		事件群落	细砂状沉凝灰岩,具波状层理	沙尔布尔提山, D_3	浅海上部火山风暴期		2+1+1+3
Teichichnus	*Teichichnus*, *Zoophycos*, *Planolites*, 生物扰动	混层群落	背景群落	凝灰质粉砂岩,含放射虫	同上	浅海中部,低能沉积速率低	连通区 非分点	>2+>2 2
Zoophycos	*Zoophycos*, Fugichnia, *Helminthoida*, *Planolites*, *Scalarituba*, *Palaeophycus*		背景-事件群落	灰绿色粉砂状,泥状凝灰岩,暗色泥岩	同上	浅海下部,低能缺氧,低沉积速率	连通区 非分点	>2+1 2+2+2+2
Helminthoida	*Helminthoida*, *Gordia*, *Cosmorhaphe*, *Planolites*	表层群落	背景群落	暗色泥岩、粉砂岩,含放射虫及布玛序列	沙尔布尔提山 D_1,纸房 D_3	半深海、深海火山碎屑浊积岩	非分点	2+2+2+2
Palaeophycus	*Palaeophycus*	浅层群落	正常群落	钙泥质细砂岩,遗迹丰度高;具楔状层理	沙尔布尔提山 D_1	浅海中上部,营养丰富,高低能交替		2
Scalarituba	*Scalarituba*	表层群落	正常群落	钙质粉砂岩 沉凝灰岩	喀拉通克 D_1 阿苏山 D_1	浅海,低能,软底		2
Thalassinoides	*Thalassinoides*	深层群落	背景群落	粉砂状沉凝灰岩,遗迹丰度极高	北塔山 D_1	浅海下部,风暴火山间歇期	点的指数	3
Paleodictyon	*Paleodictyon*, *Phycodes* *Cochlichnus*, *Planolites* *Didymaulichnus*, *Gordia* *Zoophycos*, *Laevicyclus* *Glockeria*, *Chondrites* *Thalassinoides*, *Scolicia* *Palaeophycus*, *Skolithos* *Megagrapton*, *Fucusopsis*	混层群落	背景-事件群落	细砂状、粉砂状泥状凝灰质碎屑岩具不同规模的布玛序列,含放射虫	黑山头 D_3	深海中粒、细粒火山碎屑浊积岩相	点的指数 非分点 连通区	3+3+11+3+3+3 2+2+2+2+2+2+2+2 >2+2+1

点→(>2 + 1) 个连通区 + (2 + 2 + 2 + 2)个非分点(表 2)，这种遗迹群落拓扑构成由少到多的系统变化与其所代表的沉积环境由滨海→浅海上部 → 浅海中部 → 浅海下部的系统变化，与沉积速率和沉积时的水动能强度逐渐降低是一致的(表 2)，这一规律在 Seilacher[1] 总结的遗迹相环境、水深分带模式中也有清楚的反映。

4. 同一遗迹群落中的同胚遗迹可能由同类造迹者形成；同种造迹生物在稳定的生态环境中易于形成在拓扑学上同胚、在欧氏几何学上不相同的生物遗迹；同种造迹生物在生态环境突变或灾变条件下易于形成在欧氏几何学上既不相同，在拓扑学上也不同胚的生物遗迹。

三、同胚生物遗迹的可能的分子生物学意义

作者通过比较现代众多蛇曲形生物遗迹发现(图 2)：尽管它们的造迹生物类型、生态行为目的极不相同，欧氏几何形态也不完全一致，但它们都具有完全相同的拓扑不变量，即都具有二个非分点。在地层记录中我们也可以看到，蛇曲形遗迹 *Nereites* 的几何形态在不同地史时期和不同岩相环境中是不同的，具明显的演化性[2]，但它们的拓扑不变量都是相同的。这种跨越不同生物分类单位、不同生态行为目的、不同地质时代和沉积环境的生物遗迹的拓扑不变性与造迹生物 DNA 分子的双螺旋拓扑空间构型在不同时代或同一时代各类生物体内的

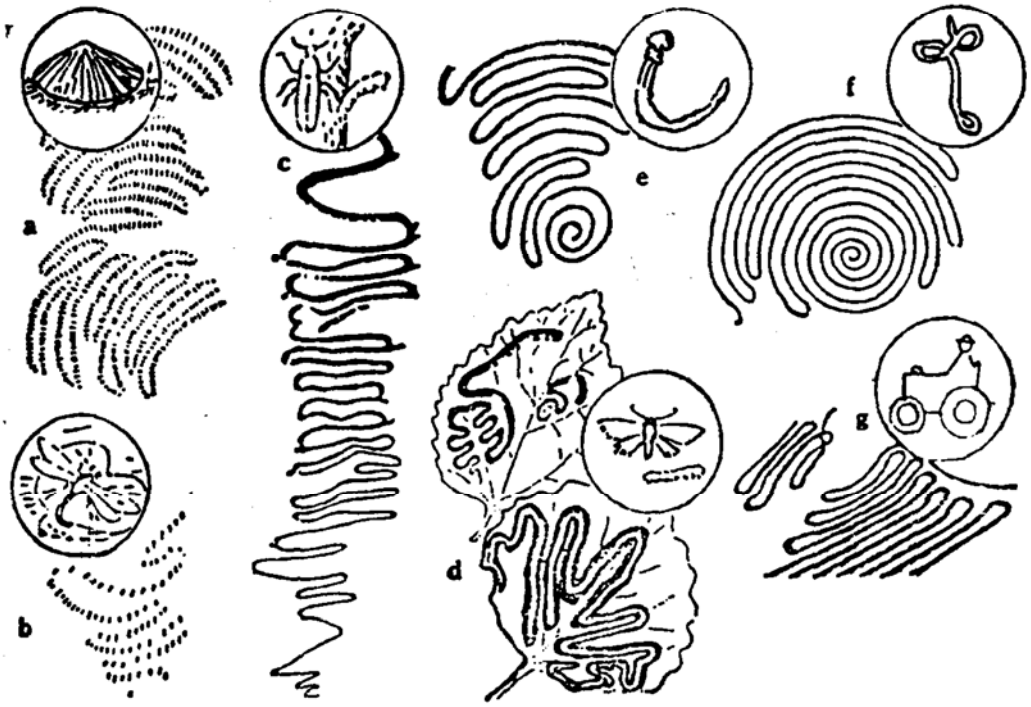

图 2　现代不同生物目的的生物门类形成的蛇曲形遗迹(据 Seilacher, 1986)[2]

一致性可能有一定的内在联系。作者认为这种联系是微观生物结构与宏观生物功能、属性一致性的体现。因此，遗迹化石和生物遗迹的拓扑性研究有可能从遗迹与拓扑的宏观角度揭示造迹生物在分子生物学层次上丰富而神秘的内涵。

参　考　文　献

[1] Seilacher, A., *Marine Geology*, 5 (1967), 413—428.
[2] Seilacher, A., *Evolution of Animal Behavior*, Oxford University Press, 1986, 62—87.