

古代深海沉积体系遗迹化石研究*

晋慧娟

(中国科学院兰州地质研究所, 兰州 730000)

关键词 遗迹化石 沉积体系 古代深海

深海泛指由半深海斜坡(200~2 000 m水深)至深海(2 000~6 000 m水深)的广阔海域,充填于其中的古代沉积记录由于缺乏原地的实体化石和其它指相标志,使其对沉积环境的恢复和古地理重建产生了困难。古代深海沉积中极丰富的遗迹化石可为阐明古生态环境寻找到一条新的途径^[1~3]。古遗迹学是近30年来地质科学中新兴的一门边缘学科,专门从事地质历史时期生命活动遗迹的研究。由于遗迹化石形成后不会再被搬运而系原地产物,故更能准确地反映沉积条件和古生态环境。地质记录中深海遗迹群落除发现于深海远洋沉积外,大都赋存于浊流沉积体系内,因此深海遗迹化石的研究是伴随着浊流理论的出现才逐渐兴起的。

国外遗迹化石特别是深海遗迹化石的研究,已率先取得了多方面的成果,与浊流有关的深海Nereites遗迹相的确定,是古遗迹学与沉积学相结合的一项重大贡献^[4]。此外,已查明诸多浊积岩系(复理石相)的遗迹化石组合分布特征,进而对沉积环境进行解释;确立了由近源→远源浊积岩和浊积扇体系次级沉积单元的遗迹组合类型的变化规律^[5];利用遗迹化石群落和遗迹组构特征对识别古生态环境因素如水深、底质性质及其含氧状况等方面已取得一些成果^[6~8];现代深海和远洋沉积物中遗迹化石的研究,为“将今论古”提供了对比的资料^[9]。

遗迹化石研究在我国起步较晚,但近十余年来已有一些研究成果相继问世,特别是深海浊流沉积的遗迹化石已积累了不少实际资料^[10~13]。总体看来,除属种的确定和描述外,主要是结合古沉积环境开展研究,其它方面还处于以引进为主的阶段。

综合国内外有关研究成果可以看出,即使同属深海沉积体系,但赋存于其中的遗迹群落却有很大差异。这不仅反映在遗迹化石分异度和丰度方面,而且遗迹组合中遗迹化石的属种亦极不相同。主要原因是沉积盆地类型不同,使物质供应底质性质、水动力条件、含氧状况及含盐量不同,因而受古生态环境控制的遗迹群落就不可能相同。深海盆地古生态环境的恢复是一项难度极大的课题,国外一些学者试图通过遗迹化石的行为习性、生态类型、形体大小及其切割关系和遗迹组构分析等研究,以恢复古生态环境,但由于原始沉积物特别是深海沉积物经过成岩、后生作用以及造山过程的后期改造,定量地解决上述问题还需经过艰苦的努力。遗迹组构是继遗迹化石之后较晚提出的一个新概念^[14],近期得到迅速发展,并逐渐成为遗迹学研究的一个新热点,特别是Bromley^[15]将底栖和内栖生物群落垂向分带的概念应用于遗迹组构

收稿日期: 1998-7-6 修改稿: 1998-8-19
作者简介: 晋慧娟 女 1933年生 研究员 沉积学、古遗迹学
* 国家自然科学基金资助项目(49672127)

研究中,充分利用了沉积物中的遗迹信息,促其更精确地解释古生态环境。

笔者近期围绕深海沉积体系中的遗迹化石开展了系统研究,发现某些值得重视的问题。

1 深海环境遗迹群落的产出特征

古代深海海域按地形特征可进一步划分为半深海斜坡和深海。前者以能发生浊流突发事件为特征,后者地形平坦、远离物源不受浊流干扰。浊流属阵发式的快速沉积,与浊流间隙期的缓慢沉积在垂向上构成快速—慢速—快速沉积的相互演替。在漫长缓慢、低速沉积的浊流间隙期,形成了一套复杂几何图案和具清晰纹饰的深水遗迹化石群落。在早期的研究成果中,则将这些深水遗迹群落作为判识古代半深海斜坡的遗迹化石标志。后来发现深海环境中也不乏见到有浅水遗迹化石产出的实例^[4]。正是由于在相当长时间内过分强调深水遗迹组合是判识深海浊流环境的遗迹化石标志,致使有人见到浅水遗迹化石的出现,即片面强调它是浅水环境的标志而发生对沉积环境的错判,故有必要对遗迹化石的形成条件作扼要论述。

1.1 半深海斜坡带浊流环境遗迹化石的产出特征

半深海斜坡带是最易发生浊流“突发事件”的地区,浊流裹挟着大量陆源碎屑,快速堆积于正常深海细粒沉积物之上。严格受生态环境控制的遗迹化石,必然在缓慢细粒沉积—快速粗粒沉积—缓慢细粒沉积的旋回沉积作用控制下,相应形成浊流事件前与事件后两类性质截然不同的遗迹化石群落。事件前浊流间隙期的深海属低能、低沉积速率和贫氧的生态环境,由于此时深海底水体相对平静,造迹生物形成的遗迹具有两大特征:多沿层面分布和多具规则弯曲和复杂的形态。蛇曲形(*Cosmorhaphe*)、螺旋形(*Spirorhaphe*)和网格形(*Paleodictyon*)是事件前形成的遗迹化石的典型代表^[13]。事件后是指浊流高峰期直至高峰期过后短暂过程所形成的遗迹。其形态多不规则,主要产于高能、恶劣条件下富含有机质的沙中,是一些浅水型遗迹,普遍具高丰度、低分异度特征,浊积岩系中 *Qphiomorpha*、*Thalassinoides* 和 *Skolithos* 等即属此类^[5, 16]。

从以上看出:1) 通常在正常深海细粒沉积物的底质上,具备了形成深水型遗迹化石群落的生态条件,由于浊流突发事件的经常插入,使低能环境的水动力条件、底质性质、沉积速率和食物供应等诸环境因素短期内发生突变,相应形成浅水型遗迹群落。因此,深水和浅水遗迹群落共生在一个沉积剖面是不同性质的造迹生物为了适应两种生态环境的必然产物,并可视作为鉴别古代深海浊积岩系的古遗迹学标志。2) 由于慢速(低能)和快速(高能)沉积作用相互演替,构成了浊积岩系在垂向序列中两大类遗迹群落的交替出现,这并非水深的变化而是浊流事件使生态环境变化的结果。因此,浊积岩系中浅水遗迹化石的出现绝不能视为浅海环境的标志。

1.2 深海远洋环境遗迹化石的产出特征

深海远洋环境是指深海平原继续延伸、不受浊流干扰、含氧量低、连续发生缓慢、低速沉积作用的地区,以强烈的生物扰动结构和低分异度的遗迹组合为特征。在地质记录中保留下来的深海远洋沉积比较少见,在新疆准噶尔盆地西北缘哈拉阿拉特山石炭系中找到了具远洋性质的深海沉积实例。该层系下部的一套暗绿色火山岩系中发现了准原地的辉绿岩墙群,推断可能是弧后盆地的扩张中心^[17],其上火山碎屑岩段下部则具有深海远洋沉积特征,除沉积学和古生物学的证据外^[18],尚具深海远洋环境生物成因的沉积构造特征:1) 强烈的生物扰动组

构; 2) 遗迹群落的分异低, 但丰度高, 仅见 *Zoophycos* 和少量的 *Planolites*, 这些特征属 Deep-sea 遗迹相。DSDP 深海岩芯中遗迹化石研究证实, 现代深海远洋沉积物中通常所见的遗迹化石也仅有 *Zoophycos*、*Planolites*、*Chondrites* 和 *Teichichnus*^[9]; 3) 在岩层侧面发现了极丰富的新月型 *Zoophycos*, 其延长可达 25 cm 左右, 这种新月型 *Zoophycos* 在红海、印度洋和太平洋的 1 550~ 5 320 m 水深钻井岩芯中经常见到^[9]。从上述实例可见, 判别古代深海远洋沉积时, 除沉积学、古生物学方面的证据外, 生物成因的沉积构造特征也是十分重要的证据之一。

2 深海遗迹相应用中应注意的问题

遗迹相概念由 Seilacher 提出^[4], 一般被理解为与某种沉积相有关的特定遗迹化石组合。他依据海水深度由浅至深划分的 6 个遗迹相中, 与深海环境有关的有两个遗迹相, 即 *Zoophycos* 遗迹相和 *Nereites* 遗迹相。其后, Ekdale 和 Berger^[19] 又增加了 Deep-sea 遗迹相。

Zoophycos 遗迹相代表浪基面之下和浊流环境之上半深海地带的沉积作用缓慢、沉积物中有机质含量较高但含氧量低的松软底质上形成的遗迹组合。其特点是遗迹化石分异度低, 共生的仅有 *Lorenzina* 和 *Spirophyton*。一般在隔离海盆或半封闭海湾、湖和海湾等环境中出现。笔者认为, 它不应包括形成于浊流环境中的任何遗迹组合, 因为 *Zoophycos* 遗迹相与 *Nereites* 遗迹相的主要区别除遗迹群落不同外, 还在于生态环境特征的差异。前者代表无浊流干扰富含有机质的软底、含氧量低和水体循环差的静水环境; 后者代表各种浊流环境中形成的遗迹组合。因此有的学者把深海环境(200~ 2 000 m 水深)的陆坡至陆隆一带的碎屑流、滑坡堆积特别是近源浊积岩形成的遗迹组合也归属于 *Zoophycos* 遗迹相就值得商榷, 这种划分很容易把两种性质截然不同的遗迹相混淆起来。同时, 必须把 *Zoophycos* 遗迹相与 *Zoophycos* 遗迹属严格区别开来, 因为这是截然不同的两个概念。前者是指特定环境下形成的遗迹组合, 具指相意义; 后者仅是一个遗迹化石, 不能准确地解释沉积环境。业已查明, *Zoophycos* 既可出现于半深海至深海, 也可形成于浅海环境, 但它只在水流较停滞和缺氧的生态环境中才能形成。尚应提及的是, 以某种遗迹属命名的遗迹相不一定在该遗迹组合中出现, 这种实例屡见不鲜。

Nereites 遗迹相是代表浊流环境形成的遗迹组合, 它们大都以复杂几何图案和纹饰而区别于任何环境遗迹化石的形态特征, 常常像雕饰在层面下部的图案花纹一样而被称为雕画迹, 如: *Cosmorhaphis*、*Helminthoida*、*Nereites*、*Paleodictyon*、*Spirorhaphis*、*Taphrohelminthopsis* 和 *Urohelminthoids* 等即属此类, 都属在浊流平静期形成的典型深水型遗迹。有些学者把上述典型深水型遗迹群落作为 *Nereites* 遗迹相的唯一代表^[20]。笔者认为这种认识尚不够完善, 因受浊流“灾变事件”插入的深海环境, 在浊流来临之前长时间的平静期与浊流来后短暂的高能期会导致形成两种性质截然不同的生态环境, 由此相应形成事件前后两大类遗迹群落, 亦即 *Nereites* 遗迹相应是两类性质不同遗迹组合的概括。在对 *Nereites* 遗迹相研究中, 除关注典型的深水型分子外, 还应注意事件后形成的遗迹化石, 如 *Skolithos*、*Neonereites*、*Scolicia*、*Granularia* 和 *Phycosiphon* 等的产出状况, 只有将事件前后两种遗迹组合进行综合研究, 才能全面解释深海浊流环境的生态条件和沉积作用特征。再者, 由于同一遗迹相内的遗迹群落随着环境条件的差异会发生变化, 因此在恢复古代深海环境时, 在确定遗迹相之后, 还必须划分出具体的遗迹组合, 以便圆满解释次级沉积单元, 这方面研究成果在国内外均有成功的实例^[5, 13]。

此外,快速回返的深海沉积盆地的充填序列,遗迹相和遗迹化石组合在垂向上可表现出清晰的更替现象。如准噶尔盆地西北缘石炭系哈拉阿拉特组 2 000 余米厚的深海火山碎屑岩沉积序列自上而下可划分为三个遗迹相:下部属 Deep-sea 遗迹相(前已述及)。中部层段的下部为 Nereites 遗迹相,该层段主要为泥状凝灰岩夹粉状凝灰岩,前者含硅质放射虫,后者见远源浊积岩特征并偶见等积岩夹层,并含有遗迹化石 *Chondrites*、*Cosmorhaphye*、*Helminthopsis*、*Helminthoida*、*Scalartituba*、*Imponoglyphus*、*Scolecocoprus* 和 *Phycosiphon*;中部层段的上部为 Zoophycos 遗迹相,在灰黑色泥状凝灰岩层面产有极丰富的 *Phycosiphon*,仅有少量的 *Scalartituba* 与之伴生,本层段不具生物扰动构造,且沉积物呈灰黑色,属贫氧环境,一般在泥质相中 *Zoophycos* 可被 *Phycosiphon* 所代替,因此它属典型的 *Zoophycos* 遗迹相。本沉积剖面中遗迹相自下而上由 Deep-Sea 遗迹相→Nereites 遗迹相→Zoophycos 遗迹相的规律性变化,反映了哈拉阿拉特线沉积时是由具远洋性质的深海盆地逐渐向半深海局限盆地演化,代表着海平面下降旋回中的沉积作用响应。上述实例说明遗迹相分析对沉积环境和沉积作用演化研究起着十分重要的作用。

参 考 文 献

- 1 Crimes T P, Goldring R, Homewood P *et al.* Trace fossil assemblages of deep-sea fan deposits, Gurigel and Schlieren flysch (Cretaceous-Eocene, Switzerland). *Ecol. Geol. Helvetiae*, 1981, 74: 953~ 995
- 2 Ekdale A A. Pitfalls of paleobathymetric interpretations based on trace fossil assemblages. *Palaios*, 1988, (3): 464~ 472.
- 3 杨式溥. 我国浊流沉积复理石相的遗迹化石及其古生态和古环境. 中国古生物学会第十三、十四届学术年会(论文选集). 合肥:安徽科学技术出版社, 1986. 143~ 161.
- 4 Seilacher A. Bathymetry of trace fossils. *Marine Geol.*, 1967, 5: 413~ 428.
- 5 Crimes T P. Trace fossils of an Eocene deep-sea sand fan, Northern Spain. In: Crimes T P, Harper J C eds. *Trace Fossils II*. Liverpool: Seel House Press Seel Street, 1977. 71~ 90.
- 6 杨式溥. 古遗迹学. 北京:地质出版社, 1990. 49~ 60
- 7 Savrda C E, Bottjer D J. The exaerobic zone, a new oxygen-deficient marine biofacies. *Nature*, 1987, 327: 54~ 56.
- 8 Ekdale A A, Mason T R. Characteristic trace fossil associations in oxygen-poor sedimentary environments. *Geology*, 1988, 16: 720~ 723.
- 9 Ekdal A A. Abyssal trace fossils in worldwide deep sea drilling project cores. In: Crimes T P, Harper J C eds. *Trace Fossils II*. Liverpool: Seel House Press Seel Street, 1977. 163~ 180.
- 10 杨式溥, 宋志敏. 西藏阿里地区札达县中、上三叠纪遗迹化石及其环境意义. *西藏地质*, 1985, (1): 1~ 14.
- 11 杨式溥. 青海果洛、玉树地区二叠纪和三叠纪复理石相遗迹化石. *沉积学报*, 1988, 6(1): 1~ 12
- 12 李育慈, 晋慧娟. 西秦岭北带泥盆系中的遗迹化石及其环境意义. *中国科学(B 辑)*, 1993, 23(12): 1322~ 1328.
- 13 晋慧娟, 李育慈. 西秦岭北带泥盆纪 Nereites 遗迹相及其环境分析. *沉积学报*, 1998, 16(1): 15~ 22
- 14 Ekdale A A, Bromley R G. Trace fossils and ichnofabrics in the Kjolby Gaard Marl, Upper Cretaceous, Denmark. *Bulletin of Geological Society of Denmark*, 1983, 31: 107~ 119.
- 15 Bromley R G. Trace fossils—biology and taphonomy. *Special Topics in Palaeontology 3*. London: Unwin Hyman, 1990. 280.
- 16 Kem J P, Wanne J E. Trace fossils and Bathymetry of the Upper Cretaceous Point Loma Formation, San Diego, California. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 1974, 85: 893~ 900
- 17 李继亮. 准噶尔残留弧后盆地与天山造山带的大地构造关系. *沉积学报*, 1989, 7(增刊): 53~ 62
- 18 晋慧娟, 李育慈. 准噶尔盆地晚古生代深水斜坡沉积中的遗迹相及其环境分析. *中国科学(B 辑)*, 1991, (4): 408~ 415.
- 19 Ekdale A A, Berger W H. Deep-sea ichnofacies: modern organism traces on and in Pelagic Carbonates of the western equatorial Pacific. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 1978, 23: 263~ 278.
- 20 Ekdale A A, Bromley R G, Pemberton S G. Ichnology: the use of trace fossils in sedimentology and stratigraphy. *SEPM*, Tulsa Oklahoma, 1984. 232~ 254