

辽河油田陆相遗迹组构类型及其环境解释

卢宗盛¹⁾ 郝朝坤¹⁾ 马宏斌²⁾ 张兴华²⁾

1) 中国地质大学地球科学学院, 武汉, 430074; 2) 辽河油田分公司研究院, 辽宁盘锦, 124010

内容提要 遗迹组构自 Ekdale(1983)首次提出以来,其研究成果主要来自海相沉积,我国是世界上陆相沉积最为发育的地区之一,特别是能源勘探与开发积累了大量宝贵的岩心资料。这些钻孔岩心表面新鲜,垂向连续性好,有利于研究遗迹化石的垂向演化关系,本文在详细观察描述辽河油田古近系近200口井岩心的遗迹化石资料基础上,首次将陆相岩心遗迹组构划分为2类11种,通过古生态学与沉积学研究相结合,对每种遗迹组构的环境意义进行解释。

关键词 陆相遗迹组构 古近系 辽河油田

遗迹组构研究强调生物活动与沉积物之间、遗迹化石个体与群体之间在时间、空间上的相互关系,注重沉积底层不同深度(或阶层)遗迹化石的特点,使得生物活动的信息得到充分利用,它克服了传统遗迹相研究没有区分生物遗迹活动先后顺序和世代关系的不足,从而使得环境解释更为精确。该项研究自 Ekdale(1983)首次提出以来,其成果主要来自海相沉积(Ekdale et al., 1984; Bromley et al., 1986; 龚一鸣等, 1997; Locklair et al., 1998)。我国是世界上陆相沉积最为发育的地区之一,特别是能源勘探,积累了大量宝贵的陆相岩心资料,这些钻孔岩心表面新鲜,垂向连续性好,有利于研究遗迹化石的垂向演化关系,是遗迹组构研究的理想材料。作者近10年来,在辽河油田(张文昭, 1986; 郭建华, 1998)观察、描述古近系岩心近200口井(图1),本文是在此资料基础之上首次对其总结。

1 辽河油田陆相岩心遗迹组构类型

目前对遗迹组构的分类和命名尚未形成统一方案,总括起来有两种形式:一种是以占主要地位的遗迹类型或属名对遗迹组构直接命名,如 Droser (1989)和 Bockelie (1991)等对北海油田遗迹组构的描述命名等;另一种是根据遗迹化石之间、遗迹化石与围岩之间的关系进行遗迹组构类型的划分与命名,如: Bromley 等(1983)将遗迹组构分为单一遗迹

组构和复合遗迹组构。

根据辽河油田古近系岩心遗迹化石与沉积作用关系的研究,我们主张对陆相遗迹组构采用上述的综合命名方法,划分为2类11种(表1,图2)。

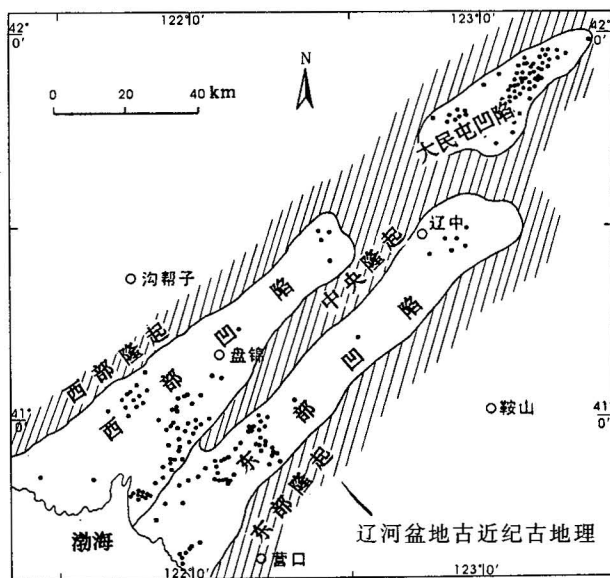


图1 辽河盆地岩心遗迹组构研究的钻井位置

Fig. 1 Well locations of sampling for the core ichnofabric study in the Liaohe Basin

1.1 单一遗迹组构

该遗迹组构类型由单一生物活动而形成,即在

注:本文为国家自然科学基金(编号 49972086)及 CNPC 储层重点实验室“陆相遗迹组构研究及在高分辨率层序地层中应用”资助项目的成果。

收稿日期: 2002-06-12; 改回日期: 2002-08-20; 责任编辑: 王思恩。

作者简介: 卢宗盛,男,副教授。1962年生,安徽太湖人。毕业于中国地质大学,长期从事油气沉积储层及地层古生物科研与教学工作。通讯地址: 430074,湖北武汉市喻家山,中国地质大学地球科学学院; 电话: 027-87482382; Email: zshlu@cug.edu.cn。

遗迹组构被保留下来之前,沉积物中只有种类单一的内栖生物群落生存过(王观忠等,1993)。由于陆相盆地物源近、沉积速率快,加之遗迹种类比海相单调,因而陆相岩心中以单一的遗迹组构类型最为常

见,在辽河油田主要有8种:*Scoyenia* 组构、*Skolithos* 组构、*Palaeophycus* 组构、*Arenicolites* 组构、*Planolites* 组构、*Gordia* 组构、强生物扰动组构、古根迹组构(图2a—h)。

表 1 辽河油田岩心遗迹组构类型及特点

Table 1 Types and features of core ichnofabrics in the Liaohe Basin

类型	名称	特点	主要遗迹化石	环境解释
单一遗迹组构	<i>Scoyenia</i> 组构	个体较大具回填构造的觅食潜穴为主	<i>Scoyenia</i> , <i>Muensteria</i> <i>Ancorichnus</i>	极浅水或陆地上被水淹的软质基底环境
	<i>Skolithos</i> 组构	垂直管状居住迹十分发育为特点	<i>Skolithos</i> , <i>Cylindricum</i>	较高能、浅水、软底或半固化砂质基底环境
	<i>Palaeophycus</i> 组构	个体较大无回填构造的觅食潜穴为主	<i>Palaeophycus</i> , <i>Planolites</i> (大)	浅水、中等能量,沉积速率较快的软底环境
	<i>Arenicolites</i> 组构	个体相对较小,分异度高的各种潜穴组成	<i>Arenicolites</i> , <i>Polykladichnus</i> <i>Ancorichnus</i>	浅湖上部,浅水小型三角洲口坝沉积环境
	<i>Planolites</i> 组构	小个体无回填构造的觅食迹占绝对优势	<i>Planolites</i> (小)	浅湖较深部位或封闭的湖湾等贫氧环境
	<i>Gordia</i> 组构	保存于岩层面的觅食迹,牧食迹和爬行迹为主	<i>Gordia</i> , <i>Protopaleodictyon</i> <i>Diplichnites</i>	与水下重力流有关的较深湖及深湖环境
	强生物扰动组构	沉积物全部被生物扰动	遗迹形态结构不清	浅湖及前三角洲有机质丰富的泥质基底
	古根迹组构	垂直分叉的古植物根迹十分发育		陆地、沼泽及浅覆水地带
复合遗迹组构	<i>Palaeophycus</i> - <i>Skolithos</i> 复合组构	早期发育以 <i>Palaeophycus</i> 为主的觅食群落,晚期被 <i>Skolithos</i> 为主的居住群落重叠		反映了水流能量由弱至强的过程
	<i>Scoyenia</i> 古根迹复合组构	早期以 <i>Scoyenia</i> 为主的觅食群落,晚期被垂直的古植物根迹切割。		反映了河流泛滥平原及三角洲平原决口沉积的过程
	强生物扰动- <i>Skolithos</i> 复合组构	早期为强生物扰动,遗迹形态不清,晚期被 <i>Skolithos</i> 的居住群落重叠		反映浅湖或前三角洲泥质基底的固化及水流能量的增强

1.2 复合遗迹组构

复合遗迹组构是由于同一沉积物中相继出现多种内栖生物群落(或亚群落)叠加扰动的结果,它是沉积物中环境动态变化的响应,辽河油田陆相岩心中出现的复合遗迹组构,主要有3种:①由觅食迹群落和居住迹群落叠加而成,沉积物早期主要发育以 *Palaeophycus* 为主的觅食群落,晚期被 *Skolithos* 为主的居住群落重叠(图2i)(檀德库等,1998),早期遗迹形态模糊,晚期叠加的遗迹形态完整,根据先后重叠的遗迹组构特点,将其命名为 *Palaeophycus*-*Skolithos* 复合组构。②由觅食群落和古根迹叠加而成,早期为 *Scoyenia* 或 *Palaeophycus* 群落,晚期被垂直的大型古根迹切割(图2j),命名为 *Scoyenia*-古根迹复合组构。③由强生物扰动构造和居住群落 *Skolithos* 组成,早期沉积物全部被生物扰动,结构模糊不清,后期被清楚的垂直潜穴 *Skolithos* 重叠(图2k),命名为强生物扰动-*Skolithos* 复合组构。

2 遗迹组构环境解释

遗迹化石的环境解释是以详细的沉积学研究和遗迹化石的行为生态分析为前提,本次研究在已有

沉积学研究资料基础之上(李应暹等,1991,1997),选择了冲积扇体系、河流体系、河流三角洲体系、扇三角洲体系、浊流体系等陆相盆地常见体系的典型岩心序列探讨遗迹化石与沉积环境关系。

2.1 *Scoyenia* 组构

遗迹个体相对较大,以具回填构造的觅食潜穴为主(图2a),化石属主要有 *Scoyenia*、*Muensteria*,少量 *Ancorichnus*、*Skolithos* 等,在岩心剖面上,该组构主要见于粒度向上变细河流沉积序列或三角洲平原沉积序列的决口扇细砂岩和粉砂岩中,在河流砂坝所夹的薄泥质沉积中也有分布(图3a,图4),因此本遗迹组构代表极浅水或陆地上常被水淹的低能软质基底环境,与 Frey 等(1984)限定的 *Scoyenia* 遗迹相代表的环境含义基本相同,在泛滥平原及三角洲分流间湾部位最常见。

2.2 *Skolithos* 组构

以垂直管状居住迹十分发育为特点,管状居住迹相互平行排列,围岩主要为具交错层理的细砂岩和中砂岩。遗迹属主要为 *Skolithos* 以及 *Cylindricum*。在岩心中常见于湖滨高能带、三角洲水下分流河道、河流水道边部的沉积序列中(图3 a,b),因

而代表水流能量较高的浅水、软底或半固化砂质底质的环境。

2.3 *Palaeophycus* 组构

以个体较大的觅食迹十分发育为特点,与 *Scoyenia* 遗迹组构的区别主要表现在该组构觅食潜穴均无回填构造,由高丰度的 *Palaeophycus* 组成。同时也含有一些大个体 *Planolites* 及生物扰动构造等,这些化石表现了生物在沉积物内快速进食的特点,在岩心剖面中常位于向上变细的水下分流河道序列的顶部,围岩为泥质细砂岩和粉砂岩(图3b),代表了一种水体较浅、水流能量不强,但沉积速率较快的环境。

2.4 *Arenicolites* 组构

主要由不同形态、分异度较高个体相对较小的

各种潜穴组成,遗迹化石包括有“U”型潜穴 *Arenicolites*、“Y”形潜穴 *Polykladichnus*、“I”字形潜穴 *Skolithos* 以及觅食潜穴 *Ancorichnus* 等,该组构中遗迹化石的组成面貌与 Bromley 等(1979)建立的代表浅湖环境的遗迹组合类似,在辽河盆地岩心中,该组构常分布于粒度向上变粗的浅水小型三角洲沉积序列下部河口坝沉积中,岩性为具有小型交错层理的细砂岩、粉砂岩,遗迹在岩心中常密集分布,上、下层位有时发育较强的砂泥互层生物扰动构造(图3a, c)。表明该遗迹组构的环境为水体氧化条件好,但水流能量较低或中等。主要分布于浅湖上部,湖湾、浅水湖小型三角洲河口坝等沉积中。

2.5 *Planolites* 组构

以小个体类型的 *Planolites* 遗迹占绝对优势为

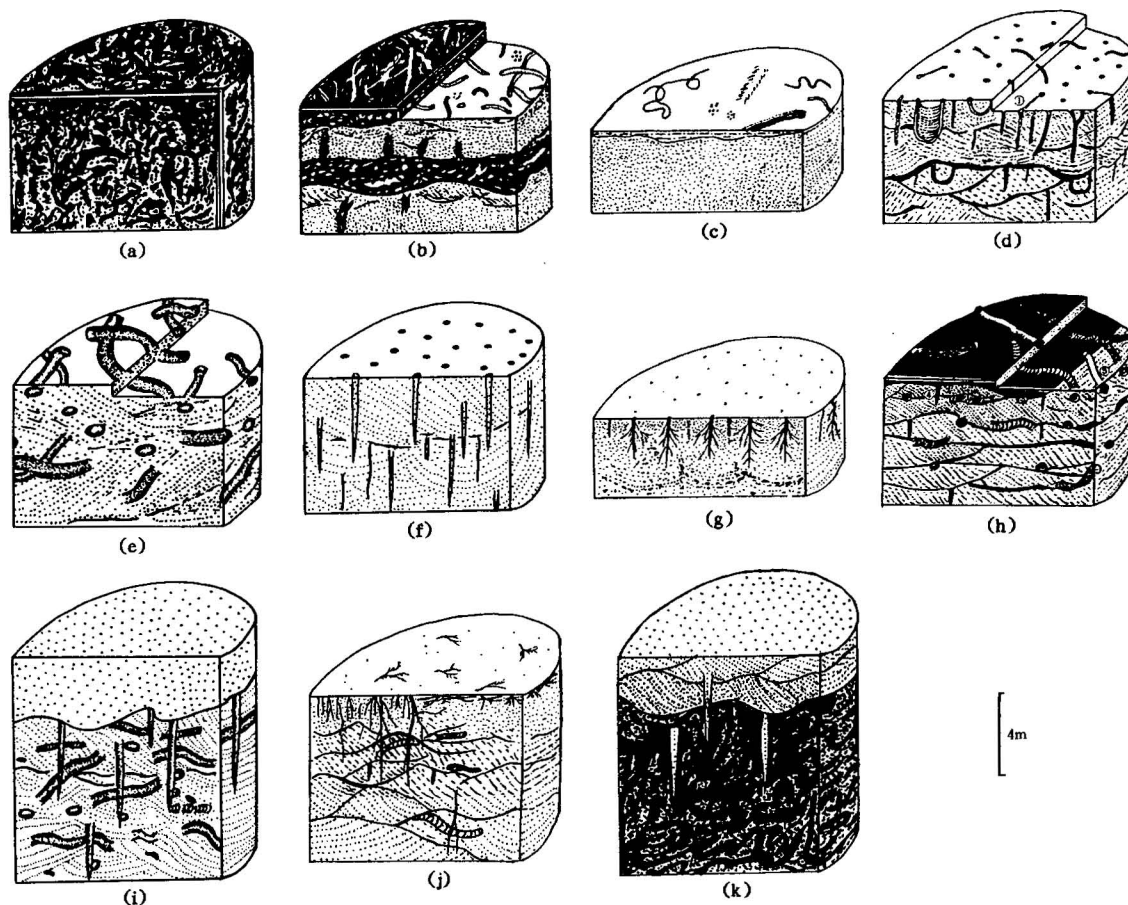


图 2 岩心遗迹组构特点素描图

Fig. 2 Sketch map of characteristics of the core ichnofabrics

- (a)—强扰动组构; (b)—*Planolites* 组构; (c)—*Gordia* 组构; (d)—*Arenicolites* 组构; (e)—*Palaeophycus* 组构; (f)—*Skolithos* 组构; (g)—古根迹组构; (h)—*Scoyenia* 组构; (i)—*Palaeophycus-Skolithos* 复合组构; (j)—*Scoyenia*-古根迹复合组构; (k)—强扰动-*Skolithos* 复合组构
- (a)—Strong disturbed fabric; (b)—*Planolites* fabric; (c)—*Gordia* fabric; (d)—*Arenicolites* fabric; (e)—*Palaeophycus* fabric; (f)—*Skolithos* fabric; (g)—root fabric; (h)—*Scoyenia* fabric; (i)—*Palaeophycus-Skolithos* compound fabric; (j)—*Scoyenia*-root fabric; (k)—strong disturbed-*Skolithos* compound fabric

特点,在岩心纵切面常见密集点状分布的 *Planolites* 横断面,十分醒目(图2 b)。遗迹个体直径一般小于2 mm,遗迹生态特征表现为生物在沉积物内快速穿过而无回填纹,在海相沉积中常将 *Planolites* 的大量出现作为缺氧层的依据之一。辽河岩心中该遗迹主要分布于黑色泥岩层,在泥岩所夹的薄层砂岩中常

发育与 *Planolites* 相关联的逃逸迹,该组构造遗迹个体小,水平觅食迹为主,在岩心沉积序列中主要分布在三角洲、扇三角洲前缘远端的泥岩为主夹薄砂岩互层的岩性组合中(图3 b,c),反映该组构造分布有利相带为浅湖较深部位或封闭的湖湾。

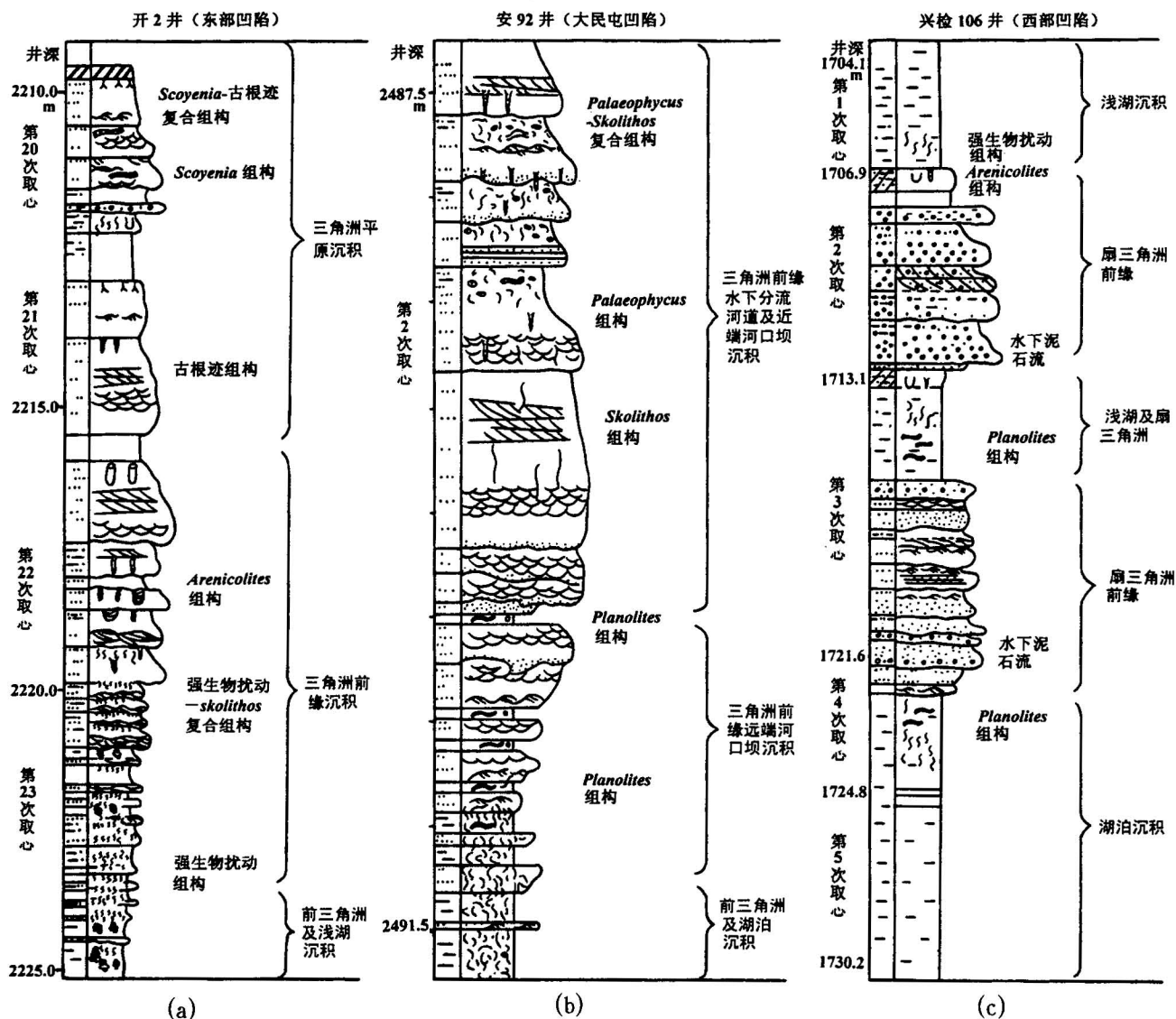


图 3 辽河油田典型井沉积序列与遗迹组构分布关系

Fig. 3 Relationship between sedimentary succession and ichnofabric distribution in typical wells in the Liaohe Basin

(a)—浅湖小型三角洲沉积序列;(b)—较深湖型三角洲(前缘为主)的沉积序列;(c)—扇三角前缘为主的沉积序列

(a)—Sedimentary succession of small type delta in the shallow lake;(b)—sedimentary succession of front of delta in the deep lake;(c)—sedimentary succession of front of fan-delta

2.6 Gordia 组构

主要为保存于岩层面的觅食迹,爬行迹和牧食迹类的遗迹化石,包括有 *Gordia*、*Protopaleodictyon*、*Diplichnites* 等,在辽河钻井地层序列中主要分布于

湖底浊积岩、扇三角洲远端洪泛重力流等沉积中(卢宗盛等,1997),该组构造的保存反映了与水下重力有关的较深湖或深湖环境。

2.7 强扰动组构

以沉积物全部被生物扰动为特征,遗迹形态不清楚(图2 a),围岩常为黑色或灰绿色泥质粉砂岩,主要为浅湖及前三角洲有机质丰富的泥质基底环境(图3)。

2.8 古根迹组构

古植物根迹也是遗迹化石的一种类型,本组构以发育大量垂直分叉的古根迹为特征,大量植物根迹的存在可作为陆地的标志,有一些也可代表一定的水体环境,但这种水体是短暂或极浅的,现代的挺水扎根植物生活的水深小于1 m,在岩心沉积序列中以三角洲平原和河流泛滥平原的决口沉积中最为常见(图3 a, 图4),因此,该组构的典型环境为陆地,沼泽及浅覆水地带。

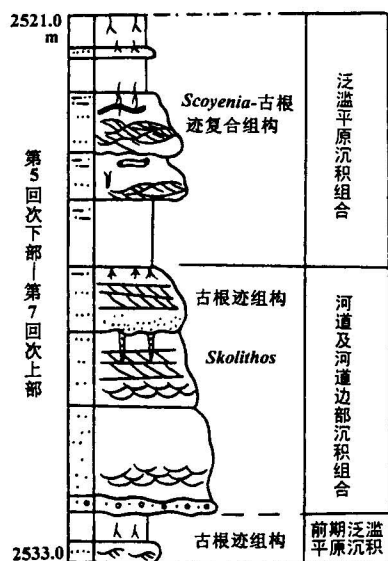


图 4 辽河油田东部凹陷桃14井河流沉积序列中遗迹组构分布特征

Fig. 4 Ichnofabric distribution in fluvial sedimentary succession in the Well Tao-14, catsern sag, Liaohe oilfield

2.9 Palaeophycus-Skolithos 复合组构

该复合遗迹组构在岩心中分布于两次水下分流河道沉积单元的交汇部分,两种不同生态类型的遗迹群落先后交切清楚,即 *Palaeophycus* 发育于水下分流河道沉积的间歇期(图3b),随着水流能量的加强(或新的水下分流河道的回返),在 *Palaeophycus* 遗迹群落之上重叠了 *Skolithos* 遗迹群落,因而反映了水流能量由弱至强的动态环境变化过程。

2.10 Scoyenia-古根迹复合组构

主要分布于决口扇沉积的细砂岩和粉砂岩中,早期发育 *Scoyenia* 组构,反映软质基底的极浅水或常被水淹没环境,后期古根迹组构切穿早期的 *Scoyenia* 组构,表明基底逐步抬升或水面的下降而变于适于陆地植物生长的环境。反映了冲积平原上决口沉积的环境变化过程。

2.11 强扰动-Skolithos 复合组构

主要分布于浅湖或分流间湾环境,早期的强生物扰动表明食物丰富、基底松软、水能量较弱,后期叠加 *Skolithos* 代表了水流能量增高,基底向半固化方面转化的环境变化特点。

3 陆相遗迹组构特点

由于陆相盆地水介质条件、遗迹生物类型以及沉积作用与海相盆地不同,使得陆相遗迹组构有其自身特点,通过辽河油田上述200口井岩心遗迹化石资料研究,反映陆相遗迹组构特点在下述几个方面。

(1) 有一些仅分布在陆相岩心中的特有遗迹属种,据 Chamberlain(1975)统计,现代非海相水生生物大约有30多个门类,其中有相当一部分仅生活于淡水中,尽管有一些淡水生物在行为习性上与海相的相似,留下的遗迹形态与海相的有一定趋同性,但它们之间的结构、构造仍有所差异,并存在一些陆相沉积中特有的遗迹属种,如 *Scoyenia gracilis*、*Ancorichnus*、*Fuersichnus* 目前仅见于国内外陆相沉积中,也就出现了一些陆相盆地中特有的遗迹组构。

(2) 同一层位遗迹属种较为单调,遗迹化石种属如同实体化石一样,也可分为机会种和均衡种,机会种繁殖和生长速率高,具有高丰度、低分异度的特点,主要发育于突发性的快速沉积中;而均衡种繁殖和生长速率低,种群丰度低、分异度高,主要发育于环境稳定的慢速沉积中。陆相沉积与海相沉积相比,具有物源近,沉积速率高,突发性事件(如洪水事件)频繁的特点,有利于机会遗迹种群发育,常表现出同一层位(或沉积物中)遗迹化石单调、分异度低,也就使得陆相遗迹组构具有属种构成较单一,复合遗迹组构不发育的特点。

(3) 陆相岩心中植物根迹十分发育、类型多样,植物根迹的广泛分布是陆相盆地遗迹的一大特色,如在辽河油田(李应暹等,1997)、吐哈油田(卢宗盛等,1997)的岩心中,根迹可划分为5种类型,并可见到古植物根迹切穿早期的动物遗迹,虽然滨海沉积也有植物根迹存在,但往往根系较弱,不及陆相沉积

中根系复杂和分布的底层深。

(4) 岩心以研究岩层内部全浮痕(Fullreliefe)保存类型的遗迹为主,遗迹化石的保存类型分为岩层内部全浮痕保存及岩层顶、底面的上浮痕(Epireliefe)与下浮痕(Hyporeliefe)保存;钻孔岩心垂向连续,表面新鲜,便于揭示全浮痕的遗迹特征;但岩心横断面小,不利于研究遗迹化石横向变化及层面遗迹类型,因此陆相油田岩心又要是研究内生迹的组构特征。

4 结论

岩心由于表面新鲜,垂向连续,是研究遗迹组构的理想材料,陆相遗迹组构内容丰富,古近系辽河油田陆相遗迹组构划分为2类11种,每种遗迹组构反映了特定的沉积环境或沉积环境的动态变化过程,陆相遗迹组构与海相遗迹组构比,有一些自己特有的遗迹属种,单一遗迹组构为主,复合遗迹组构不发育,古植物根迹类型多样是陆相遗迹组构的又一特点。

参 考 文 献

- 龚一鸣,刘本培,肖诗宇,等. 1997. 中国海相泥盆纪遗迹组构及沉积层序的关系. *地球科学*, 22(2): 123~127.
- 郭建华. 1998. 高频湖平面升降旋回与等时储层对比——以辽河西部凹陷欢50块杜家台油层为例. *地质论评*, 44(5): 529~535.
- 李应暹,邱云贞,董迪,等. 1991. 辽河坳陷下第三系储层沉积. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 12~215.
- 李应暹,卢宗盛,王丹. 1997. 辽河盆地陆相遗迹化石和沉积环境研究. 北京: 石油工业出版社.
- 卢宗盛,张建平. 1997. 遗迹化石与陆相沉积环境. 见: 裴亦楠,薛叔浩,应风详著. 中国陆相油气储集层. 北京: 石油工业出版社, 22~41.
- 檀德库,卢宗盛,谢丛姣. 1998. 辽河油田安92井陆相岩心遗迹组构研究. *地质探索*, 13: 107~112.
- 王观忠,胡斌. 1993. 痕迹组构的概念、型式与分析. *地质科技情报*, 12(2): 47~53.
- 张文昭. 1986. 一个斜坡带的油气富集区——辽河坳陷西部斜坡带. *地质论评*, 32(6): 557~564.

References

- Bockelie J F. 1991. Ichnofabric mapping and interpretation of Jurassic reservoir rock of the Norwegian North Sea. *Palaios*, (6): 206~

225.

- Bromley R G, Asgaard U. 1979. Triassic freshwater ichnocoenoses form Carlsberg Fiord, East Greenland, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 28: 39~80.
- Bromley R G, Ekdale A A. 1986. Composite ichnofabrics and tiering of burrows. *Geological Magazine*, (123): 59~65.
- Chamberlain C K. 1975. Recent lebensspuren in nonmarine aquatic environments. In: Frey R W, ed. *The study of trace fossils*, New York. 431~458.
- Droser M L, Bottjer D J. 1989. Ichnofabric of sandstones deposited in high energy nearshore terrigenous classic environments: Measurement and Utilization. *Palaios*, (4): 598~604.
- Ekdale A A, Bromley R G. 1983. Trace fossils and ichnofabric in the Kjolby Gaard Marl, Uppermost cretaceous, Denmark: *Bulletin of the Geological Society of Denmark*. 31: 107~119.
- Ekdale A A, Bromley R G, Pemberton S G. 1984. Ichnology: Trace fossils in sedimentology and Stratigraphy: *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Short, Course*. (15): 317.
- Frey R W, Pemberton S G, Fagerstrom J A. 1984. Morphological, ethological and environmental significance of the ichnogenes Sco-genia and Ancorichnus. *Journal of Paleontology*, 58: 511~528.
- Guo Jianhua. 1998. High-frequence lake-level rise and fall cycles and correlation of synchronous reservoirs——A case study of the Dujitai oil zone of the block Huan-50, Western Liaohe depression. *Geological Review*, 44(5): 529~535 (in Chinese with English abstract).
- Gong Yiming, Liu Benpei, Xiao Shiyu, Du Yuansheng. 1997. Marine Devonian ichnofabrics of China and their relations to sedimentary sequences. *Earth Science——Journal of China University of Geosciences*, 22(2): 123~127 (in Chinese with English abstract).
- Li Yingxiang, Lu Zongsheng, Wang Dan. 1997. Continental trace fossils and sedimentary environment in Liaohe basin. Beijing: *Petroleum Industry Publishing House*, 1~108 (in Chinese).
- Locklair R E, Savrda C E. 1998. Ichnofossil tiering analysis of a rhythmically bedded chalk-marl sequence in the Upper Cretaceous of Alabama, Lethaia, 31: 311~322.
- Tan Deku, Lu Zongsheng, Xie Congjiao. 1998. The research into continental ichnofabrics in Borehole No. An92, Liaohe oil field, China. *Exploration of Geosciences*, (13): 107~112 (in Chinese with English abstract).
- Wang Guanzhong, Hu Bin. 1993. On concept, pattern and analysis of ichnofabric. *Geological Science and Technology Information*, 12(2): 47~53 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Wengzhao. 1986. The west slope zone in the Liaohe depression——An oil and gas accumulation area in a slope zone. *Geological Review*, 32(6): 555~564 (in Chinese with English abstract).

Continental Ichnofabric Types in the Liaohe Oilfield and Their Environmental Interpretation, China

LU Zongsheng¹⁾, HAO Chaokun¹⁾, MA Hongbin²⁾, ZHANG Xinghua²⁾

1) *Faculty of Earth Science, China University of Geosciences, Wuhan, 430074*

2) *Branch Corporation of Liaohe Oilfield, CNPC, Panjin, 124010*

Abstract

Ichnofabric research results have come mainly from marine sedimentation since Ekdale (1983) first reported the ichnofabric discovery. China is one of the most developed continental sedimentary regions in the world, and, in particular, a host of cores have been accumulated during energy exploration and development. These cores have fresh surfaces and excellent vertical continuity, which is favorable for the research into the relationship between trace fossils and vertical evolution. The authors of this paper propose for the first time that the ichnofabrics in continental cores can be grouped into 2 major types and 11 subdivisions. Besides, the paper present interpretation for each ichnofabric from the viewpoint of environment based on palaeoecological and sedimentary researches.

Key words: continental ichnofabric; Paleogene; Liaohe Oilfield; China

~~~~~