

沉积环境与遗迹化石组合 (六)

—深水环境遗迹化石组合

林文球 编

(成都地质学院沉积所)

深水环境是指平均水深大于200m的沉积环境。一般以外陆棚进入到大陆坡的转折处起算,在水深130m或350m之间。

活动大陆边缘或被动大陆边缘是动态的沉积环境。深水斜坡环境包括外大陆架、大陆斜坡及大陆隆。沉积可能是通过滑动(滑移、滑塌);重力搬运(颗粒流、碎屑流);诱发性重力流(浊流)进行。大多数沉积物是在重力直接影响下,以块体重力搬运方式移动。这种作用是由于巨大的沉积物块体顺斜坡向下迅速位移而断续地、灾变地发生。按照内部离解作用逐渐增加的次序,分出几种水下块体重力搬运过程(Rupke, 1978)(图1):

(1)岩崩:石化的大岩块自由掉落而产生的移动,和泥石流伴生。

(2)滑移和滑塌:半固结的沉积物块体沿破裂的底面移动,但保持层内粘结性。滑移是沉积物块体的横向移位。滑塌是沉积物的内部变形。

(3)重力流:是沉积物和液体的混合流。层内粘结性被破坏,单个颗粒在液体介质中移动并推进液体介质流动。根据颗粒支撑的机理,可以分出四种沉积物重力流类型—泥石流,颗粒流,液体化沉积物流,浊流。

一、斜坡沉积的浊积岩的遗迹化石组合

浊积岩是浊流沉积作用形成的一种斜坡沉积物,具有复理石建造和类复理石建造特征。浊积岩层的典型构造和结构组合包括有:底面构造;垂直递变;规律性内部构造层序;较高的基质百分比。

浊积岩层底面上由水流产生的沉积构造有:冲刷痕(槽痕)、压刻痕(沟痕),它们亦是判别古水流的标志。

包马层序是浊积岩垂直层序中出现的内部沉积构造。一个完整的包马层序由五个连续的构造单位组成(图2):

A.块状砂层,具递变层理;B.具平行纹层砂层;C.具上爬交错纹层或旋卷纹层的粉砂层;D.具平行纹层粉砂层;E.具生物扰动构造泥层。

完整的包马层序较少而且不以反向顺序出现,层序的底层常缺失,一般常见为B—C—D—E, C—D—E; D—E的层序。包马层序是根据正在沉积之中的浊流的流态不断减弱来解释

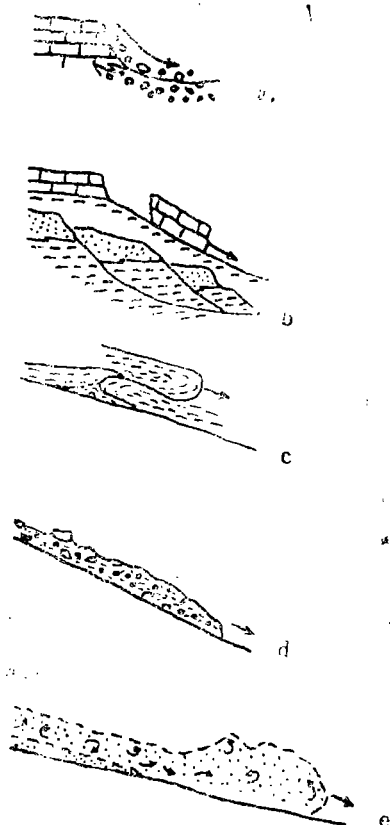


图1 块体重力搬运及其作用
(据Kruit等, 1975)

a—岩崩, b—滑移, c—滑塌,
d—块体流—泥石流, e—浊流

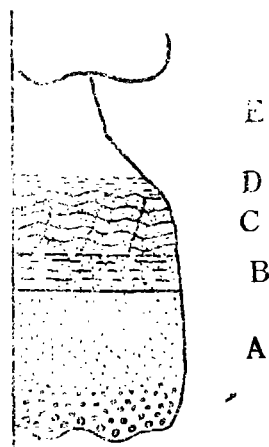


图2 浊积岩中包马层序的构造单位
(据Middleton和Hampton, 1976)

- A—块状砂层, 具递变层理。高流态、快速沉积作用。
B—具平行纹层砂层。高流态平底。
C—具上爬交错纹层或旋卷纹层的粉砂层。低流态下部。
D—具平行纹层粉砂层。
E—具生物扰动构造泥层。深水沉积作用或细粒低密度浊流沉积作用。

的。A—B反映为高流态条件, C反映为低流态条件, D反映为由悬浮作用形成, E反映为深水沉积作用或成为细粒低密度浊流沉积作用。

浊积岩具有杂砂岩结构, 含有15—40%的基质, 基质含量与粒度成反比。在压实时基质可以由上移的孔隙水带入多孔隙砂层里, 部分基质是原生的, 部分是由不稳定矿物颗粒的成岩变化或低级变质作用产生的。

浊积岩有硅质碎屑的和生物碎屑的两种。碳酸盐物质来自毗连浊积岩盆地的礁和碳酸盐滩, 生物碎屑砂由浅水动物群的骨骼组成。

生物成因构造是浊积岩底面的铸型, 可以是沉积前的或沉积后的遗迹化石。Seilacher (1962) 研究表明: 浊流是快速沉积的, 沉积后的底面遗迹仅出现在比较薄的层的底面, 这个层的厚度不超过每类遗迹化石可能出现的层厚上限(图3), 而沉积前的潜穴不存在这种关系(图4)。沉积后的遗迹化石, 包括有: *Granularis*, *Granularia*, *Fucusopsis*, *Phycosiphon*, *Scolicia*, *Neonereiten*等。沉积前的遗迹化石, 包括有: *Lorenzina*, *Glockeria*, *Paleodictyon*, *Protopaleodictyon*,

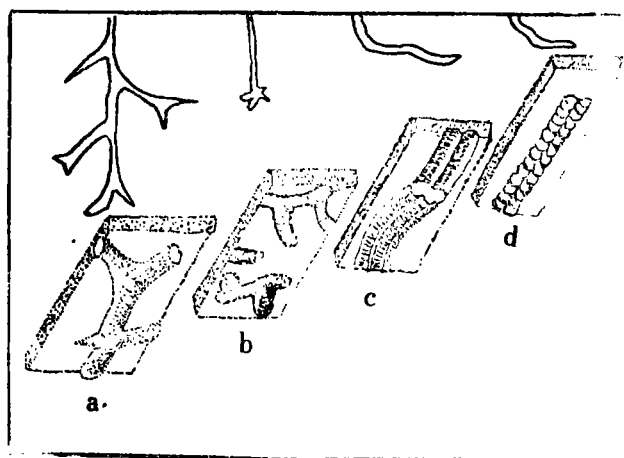
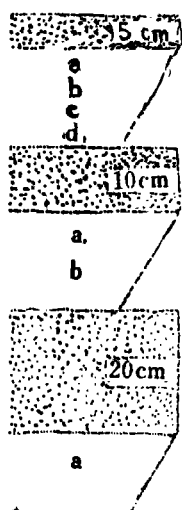
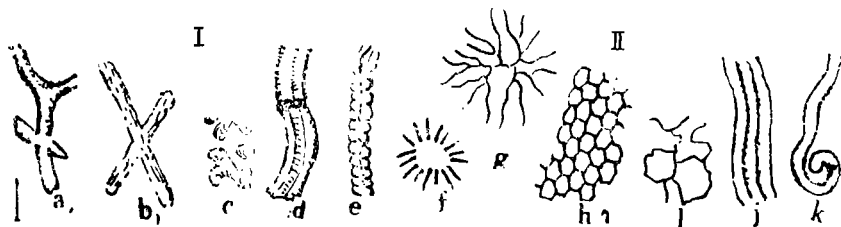


图3 油流沉积作用——
沉积遗迹化石标志
(据Seilacher, 1962)

a—Granularia; 出现层
厚 < 400cm
b—Phycosiphon; 出现
层厚 < 15cm
c—Scolicia; 出现层厚
< 9cm
d—Neonereites; 出现
层厚 < 7cm



层号 cm	层厚 cm															
	A	B	C	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k		
0-1	21	-	3	6	-	-	4	1	10	2	8	-	2	-	1	-
1-2	41	12	16	19	8	5	-	-	13	2	8	12	7	6	5	1
2-3	33	14	18	18	7	8	-	-	12	1	7	4	5	1	4	2
3-4	19	17	9	15	9	7	1	-	9	4	1	-	4	-	2	1
-5	18	14	7	15	7	4	1	-	9	3	4	1	3	1	1	-
-6	17	15	8	10	14	4	-	-	4	4	6	1	-	1	-	-
-7	12	11	10	11	11	9	1	-	5	1	6	-	-	-	-	-
-8	10	11	8	7	11	4	-	-	6	-	2	1	-	1	-	-
-9	12	14	6	10	13	4	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-
-10	12	5	2	12	4	2	1	-	6	-	-	-	-	-	-	-
-12	13	17	5	11	16	3	-	-	8	1	8	-	-	-	-	-
-14	7	16	4	7	16	4	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
-16	7	5	5	6	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-18	7	6	1	7	6	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
-20	8	8	-	6	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-25	14	10	-	12	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-30	9	10	1	7	9	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-35	10	6	-	10	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-40	4	3	-	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-45	7	7	-	7	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-50	4	7	-	3	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-60	8	3	-	8	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-80	7	5	-	7	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-100	2	3	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-150	12	8	-	12	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-200	4	7	-	3	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
总数	655			493	6	130	60	28	72	24	121	49	89	75		

图4 油积岩层厚与遗迹化石类型关系 (据Seilacher, 1962)

I—沉积后遗迹化石类型和层厚之间的关系 a—Granularia; b—Fucusopsis; c—Phycosiphon; d—Scolicia; e—Neonereites II—沉积前遗迹化石类型和层厚之间不存在这种关系 f—Lorenzinia; g—Glockeria; h—Paleodictyon; i—Protopaleodictyon; j—Scolicia; k—Ceratophycus

Scolicia, *Ceratophycus*等。

海相浊积岩遗迹化石类型, 以具有水平移迹和潜穴为特征: 爬行迹 (*Repichnia*), 觅食迹 (*Fodinichnia*), 啃食迹 (*Pascichnia*), 耕食迹 (*Agrichnia*) 等。遗迹化石组合分异度高, 形态组合复杂多样式。单个移迹都为小型迹, 但大量的分布可以覆盖整个岩层面。浊积岩遗迹化石呈现复杂的几何图案和规则的弯曲形态——刻迹 (graphoglyptids) (图5、6)。

Oscillorhappe italica, *Urohelminthoida dertonensis*, *Desmograption inversum*, *Helminthorhappe crassa*, *Dendrotichnium alternans*, *Acanthorhappe incerta*, *Belorhappe zickzack*, *Paleomeandron robustum*, *Lorenzinia carpathica*, *Glockeria glockeria*, *Protopaleodictyon incompositum*, *Cosmorhappe sinuosa*, *Spriorhappe involuta*, *Paleodictyon (Glenodictyon) strozzii*, *Paleodictyon (Squamodictyon) petaloideum*

上列刻迹组合是深水斜坡相遗迹化石标志 (图5、6) (Ekdale, 1984)。

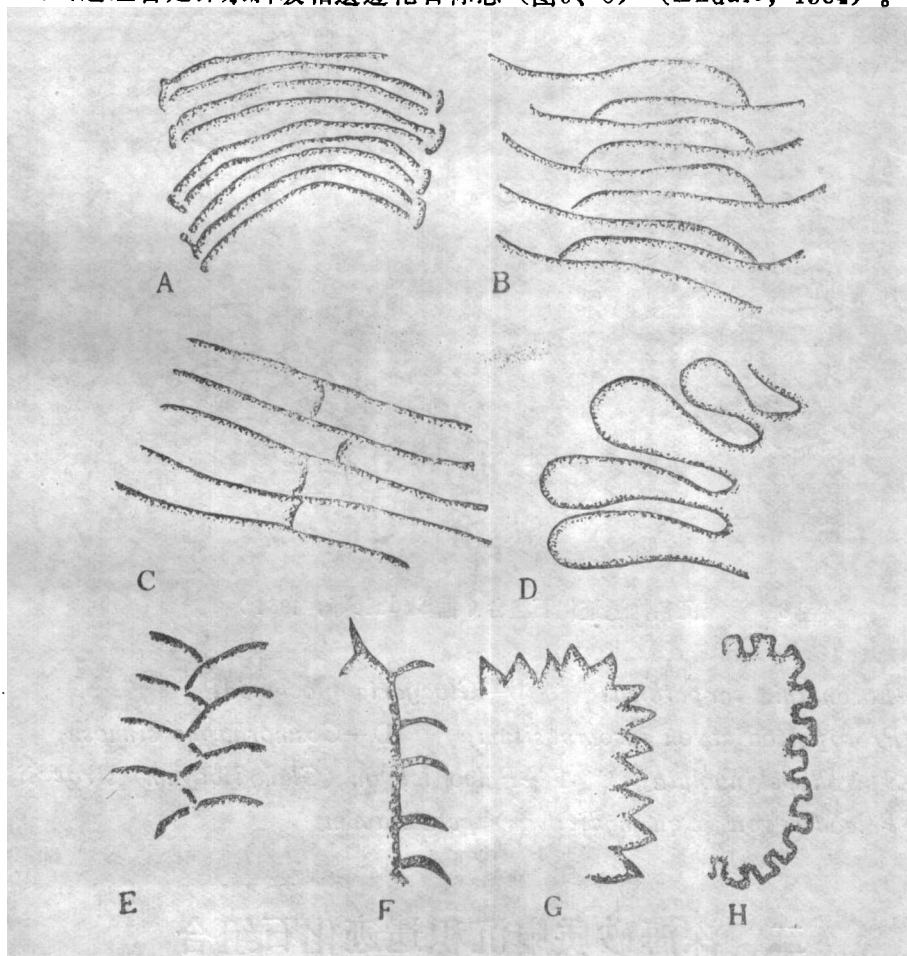


图5 浊流沉积物遗迹化石组合 (据Ekdale等, 1984)

- | | |
|--------------------------------------|---|
| A— <i>Oscillorhappe italica</i> , | B— <i>Urohelminthoida dertonensis</i> , |
| C— <i>Desmograption inversum</i> , | D— <i>Helminthorhappe crassa</i> , |
| E— <i>Dendrotichnium alternans</i> , | F— <i>Acanthorhappe incerta</i> , |
| G— <i>Belorhappe zickzack</i> , | H— <i>Paleomeandron robustum</i> |

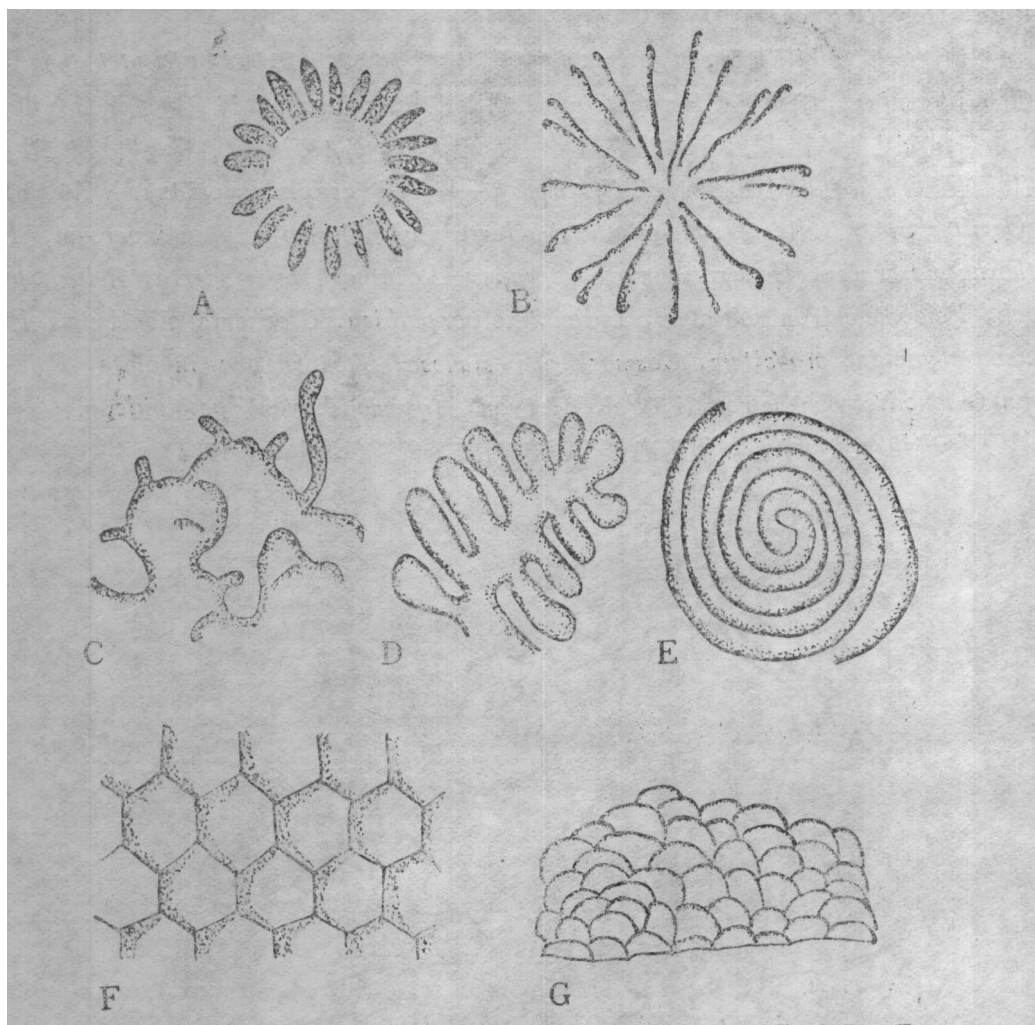


图6 浊流沉积物遗迹化石组合 (据Ekdale等, 1984)

- A—*Lorenzina carpathica*; B—*Glocgeria glockeria*;
 C—*Protopaleodictyon incompositum*; D—*Cosmorhaphie sinuosa*;
 E—*Spirohapse involuta*; F—*Paleodictyon (Glenodictyum) strozzii*;
 G—*Paleodictyon (Squamodictyon) petaloideum*

二、深海砂质扇沉积遗迹化石组合

浊积岩垂直层序显示向上变薄和变厚的旋回性, 传统观点解释为反映了物源改变, 以及沉积环境和物源间距离的变化。Mutti (1972) 认为水道充填过程导致产生向上变薄的层序, 而沉积舌状体的推进则形成向上变厚的层序, 因而应解释为深海砂质扇沉积。两种不同解释的主要不同点是: 传统观点基于直接沉积区域以外的变化来解释旋回性; 而深海砂质

扇模式则密切地与局部环境水道的侧向迁移变化联系。

遗迹化石标志表明遗迹化石是由造迹生物的行为方式形成的,因此通过不同的生态类型遗迹化石组合可反映出环境的变化:如果浊积岩垂直层序向上变薄和变厚的旋回性是反映在沉积区域以外的变化,则遗迹化石应为一个稳定的深海环境遗迹化石组合——*Nereites*遗迹相;如果浊积岩垂直层序向上变薄和变厚的旋回性是反映多种环境的沉积作用,如主扇谷、分流水道,沉积舌状体等环境的沉积,则遗迹化石应反映各局部环境的遗迹化石组合——“*Skolithos*遗迹相”、“*Cruziana*遗迹相”、“*Zoophycos*遗迹相”、“*Nereites*遗迹相”。

(一) 深海沙质扇遗迹化石分布

Seilacher (1964, 1967) 提出水深变化控制了海相遗迹化石组合,后者随海水深度增大的顺序为:

*Skolithos*组合——主要为滨海带;*Cruziana*组合——滨海带至波基面;*Zoophycos*组合——波基面至主浊流沉积带;*Nereites*组合——深水浊流沉积带。

近来的研究资料表明,遗迹化石分布与众多因素有关,包括:底质类型(软底、固底、木底、硬底);能量状况(低能、高能);食物可得性(悬浮物、沉积物、有机物)和保存可能性等,而不仅仅是水深这一单因素所控制。据此,对遗迹化石组合的分布规律应稍作更动:*Skolithos*—*Cruziana*组合反映浅水环境,分布于深海砂质扇的内扇沉积环境;*Zoophycos*组合反映浅水—深水过渡环境,分布于深海砂质扇的中扇沉积环境;*Nereites*组合反映深水环境,分布于深海砂质扇的外扇—扇缘沉积环境。

深海砂质扇沉积物中遗迹化石分布丰度为:在较近源区的沉积厚层砂和沉积物砂/泥比高的高能环境中,遗迹化石不普遍;在较远源区的沉积薄层砂和沉积物砂/泥岩比低的低能环境中,遗迹化石普遍丰富,以辐射型、旋转型和蛇曲型啃食迹(*Pascichnia*)遗迹化石组合为特征;最远源区沉积物中以图案型耕食迹(*Agrichnia*)遗迹化石组合为特征;“浅水”型遗迹化石出现于最近源区沉积物中,以潜穴型居住构造迹(*Domichnia*)、逃移迹(*Fodinichnia*)和觅食构造迹(*Fugichnia*)等为特征(图7)(Crimes, 1981)。

(二) 深海砂质扇遗迹化石类型

深海砂质扇沉积有三种遗迹化石类型与扇沉积位置密切相关:

“浅水”型*Skolithos*—*Cruziana*相分布于深海砂质扇—内扇沉积。

“穿相”型*Zoophycos*相分布于深海砂质扇—中扇沉积。

“深水”型*Nereites*相分布于深海砂质扇—外扇位置。

1. “浅水”型遗迹化石类型 (“shallow water” form——S)。

深海砂质扇的内扇沉积“浅水”型(S)以居住潜穴为特征:*Skolithos*, *Arenicolites*, *Diplocraterion*, *Ophiomorpha*, *Trepticchnus* 为垂直管状潜穴遗迹化石组合,反映为*Skolithos*相;*Rhizocorallium*, *Phycodes*, *Thalassinoides*等为水平管状潜穴和*Pelecypodichnus*停息迹共生,反映为*Cruziana*相。

2. “穿相”型遗迹化石类型 (facies crossing type——F),

深海砂质扇的中扇沉积“穿相”型(F)以觅食构造潜穴为特征:直形分枝或不分枝状有*Chondrites*, *Fucusopsis*, *Granularia*, *Lophoctenium*, *Sabularia*, *Neonereites*; 弯曲形*Gyrochorte*, *Scolicia*; 具蹼状构造*Zoophycos*等共生,反映为*Zoophycos*相。

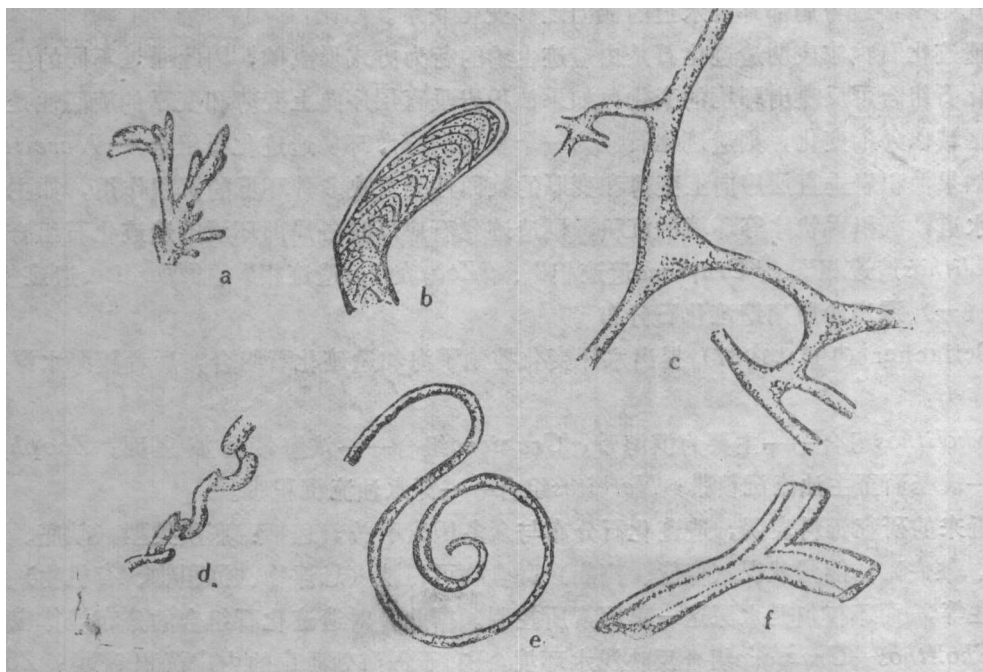


图7 深海砂质扇“浅水”型遗迹化石类型(据Crimes等, 1981)

a—*Phycodesia*; b—*Rhizocorallium*; c—*Thalassinoides*; d—*Treptichnus*; e—*Spirorhynchus*; f—*Megagraptus*;

3. “深水”型遗迹化石类型 (deep water form——D)

深海砂质扇的外扇—扇缘沉积深水型(D)以啃食迹和耕食迹为特征: 直形分枝或不分枝状*Dendrotichnus*, *Fustiglyphus*, *Halymenidium*, *Saerichnites*; 弯曲迹*Subphyllochora*, *Taphrhelminthopsis*; 辐射形*Glockerella*, *Lorenzina*, *Sublorenzina*; 旋转形*Spirorhynchus*, *Spirorhynchus*; 蛇曲形*Cosmorhynchus*, *Helminthoida crassa*, *Helminthoida labyrinthica*, *Helminthopsis*, *Paleomeandron*; 网状形*Desmograptus*, *Megagraptus*, *Paleodictyon*, *Protopaleodictyon*, *Urohelminthoida*; 具蹼状构造*Phycosiphon*, *Polykampton*等共生, 反映为*Nereites*相。

三、深海砂质扇局部环境遗迹化石组合

深海砂质扇可分为七个局部环境(图8):

主扇谷(Major fan valleys), 分流水道间区(Interdistributary channel areas); 分流水道——内沉积舌状体(Distributary channel—inner depositional lobe); 水道化沉积扇舌状体, (Channelled depositional fan lobes); 水道间区(Interchannel area); 沉积物补偿不足舌状体(Sediment starved lobe); 扇缘—盆地平原(Fan fringe—basin plain)。

1. 主扇谷沉积遗迹化石组合

主扇谷环境中流体呈间歇性快速流动, 沉积物为粗粒砂岩和细砾岩, 且侧向不连续。有滑塌构造的粉砂岩代表塌垮的天然堤沉积。主扇谷代表近源内扇沉积环境。

主扇谷是高能量的近源内扇沉积环境, 遗迹化石以垂直管状潜穴的“浅水”型(S)组合为特征。遗迹化石组合: *Skolithos*, *Scoljca*, *Granularia*, *Chondrites* (图9)。

2. 分流水道间区沉积遗迹化石组合

分流水道间区沉积物, 由细一中粒砂岩组成。侧向上过渡为主水道的向上变薄层序。代表扇上的近源内扇沉积环境。

遗迹化石较为丰富, 以“浅水”型(S)和“穿相”型(F)占优势。“浅水”型(S)遗迹化石以出现既有代表高能态的垂直潜穴 *Arenicolites* *Skolithos* 类型, 亦有代表较低能的水平潜穴 *Rhizocorallium*, *Thalassinoides*, *Phycodes* 等共生组合为特征, 这是受顺扇谷而下的非浊流底流影响的结果。遗迹化石组合: “浅水”型(S) *Skolithos*, *Arenicolites*, *Phycodes*, *Rhizocorallium*, *Thalassinoides*, “穿相”型(F) *Chondrites*, *Fucusopsis*, *Granularia*, *Neonereites*, *Scolicia*, *Gordia*, “深水”型(D) *Halymenidium*, *Subphyllochora*, *Helminthopsis* (图9)。

3. 分流水道—内沉积舌状体沉积遗迹化石组合

分流水道—内沉积舌状体沉积物主要为粗粒砂岩至细砾岩。剖面层序结构为: 下部是水道充填的向上变薄层序, 向上出现变厚层序, 反映沉积环境为分流水道和沉积舌状体占优势的区域之内的内扇沉积环境。

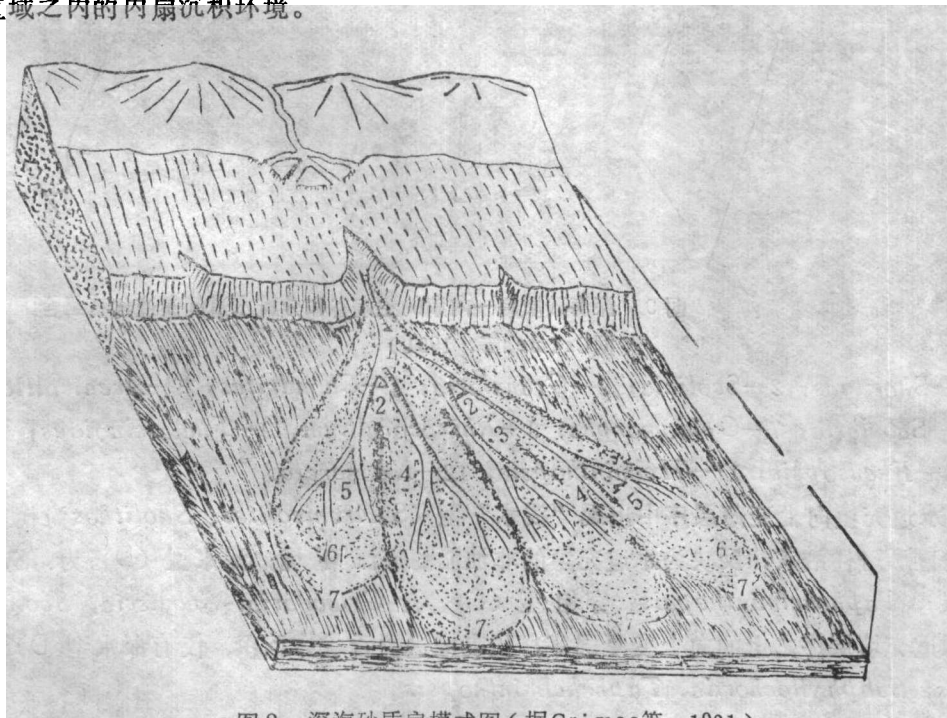


图8 深海砂质扇模式图(据Crimes等, 1981)

1—主扇谷; 2—分流水道间区; 3—分流水道—内沉积舌状体; 4—水道化沉积扇舌状体; 5—水道间区;
6—沉积物补偿不足舌状体; 7—扇缘—盆地平原

遗迹化石以“穿相”型(F)最普遍, 而深水型(D)比“浅水”型(S)占优势为特

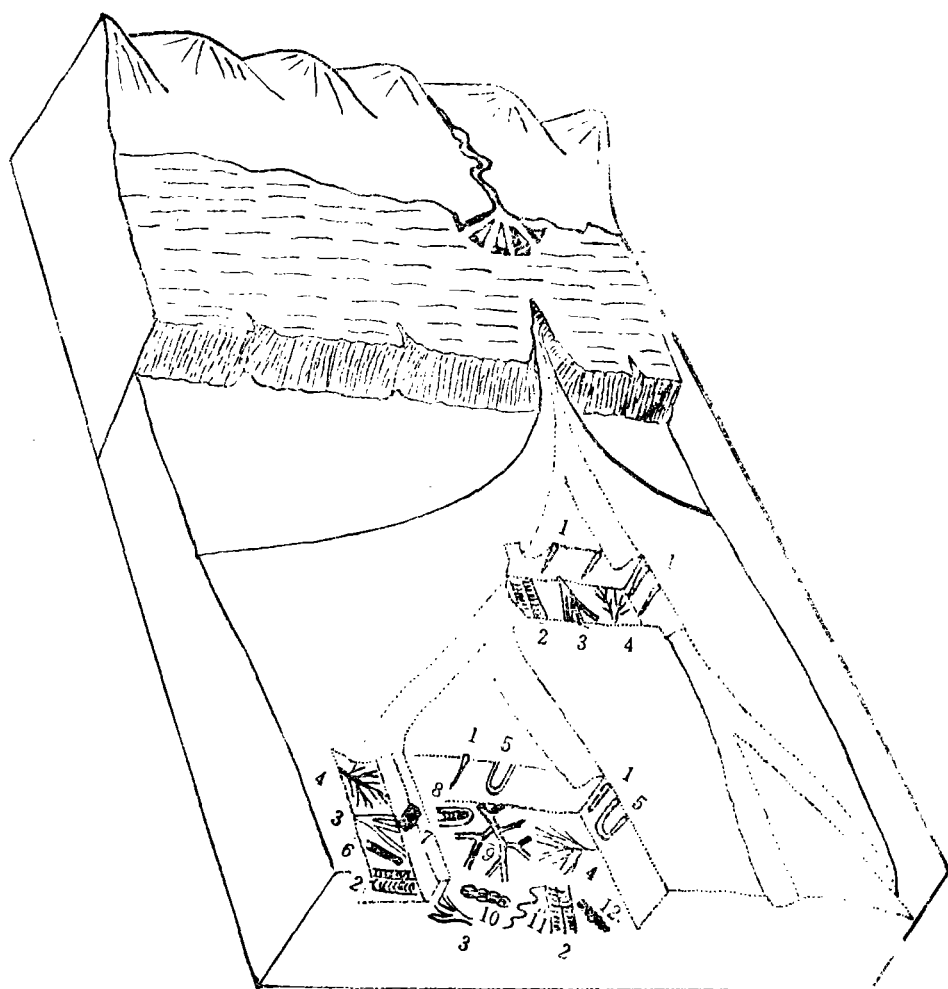


图9 深海砂质扇—内扇的主扇谷和分流水道间遗迹化石组合
(据Crimes等, 1981)

1—*Skolithos*; 2—*Scolicia*; 3—*Granularia*; 4—*Chondrites*; 5—*Arenicolites*;
6—*Sabularia*; 7—*Ophiomorpha*; 8—*Rhizocorallium*; 9—*Thalassinoides*;
10—*Fucusopsis*; 11—*Helminthopsis*; 12—*Neoneretes*

征：I. 水道充填向上变薄层序中出现“浅水”型(S) *Arenicolites*, *Skolithos* 为代表高能环境的垂直形居住潜穴，反映为水道充填的非浊流的底流环境；深水型(D) 为：*Subphyllochora*, *Taphrohelminthopsis*；穿相型(F) 为：*Granularia*, *Sabularia*, *Scolicia*。II. 覆于水道充填层序之上的向上变厚层序，代表推进的舌状体沉积，仅有深水型(D) *Helminthopsis*, *Subphyllochora*, *Taphrohelminthopsis*。

4. 水道化沉积扇舌状体沉积遗迹化石组合

水道化沉积扇舌状体沉积以粗—中—细粒砂岩为特征，剖面层序结构为向上变薄—变厚层序，代表水道化沉积环境。

水道化沉积扇舌状体沉积中出现一个分异度高的遗迹化石组合，以深水型(D) 占优势

和“浅水”型普遍出现为特征:“浅水”型(S) *Skolithos*, *Arenicolites*, *Diplocraterion*, *Pelecypodichnus*, *Phycodes*, *Rhizocorallium*, *Thalassinoides*等,全为高能量环境标志, *Pelecypodichnus* 停息迹具有方向性排列,都反映了非浊流的底流活动。“穿相”型(F) *Chondrites*, *Fucusopsis*, *Granularia*, *Lophoctenium*, *Sabularia*, *Neonereites*, *Gyrochorte*, *Scolicia*, *Zoophycos*等。深水型(D) 出现有网状类型为特征的 *Paleodictyon*, *Urohelminthoid*; 蛇曲形 *Cosmorhaphé*, *Helminthoida*, *Helminthopsis*; 旋转形 *Spirophycus*, *Spirorhaphé*; 辐射形 *Glockeria*; 弯曲形 *Subphyllochora*, *Taphrhelminthopsis*等。

5. 水道间区沉积遗迹化石组合

水道间区沉积由细一中粒砂岩和页岩组成,剖面层序结构以向上变薄、变厚层序的规则性不明显为特征,代表为沉积舌状体上水道间区沉积环境。

水道间区沉积物以缺乏“浅水”型(S) 遗迹化石为特征,最普遍的辐射形 *Glockeria*; 旋转形 *Spirophycus*, *Spirorhaphé*; 蛇曲形 *Helminthopsis*; 网状形 *Paleodictyon*等深水型(D) 低能沉积环境(图10)。

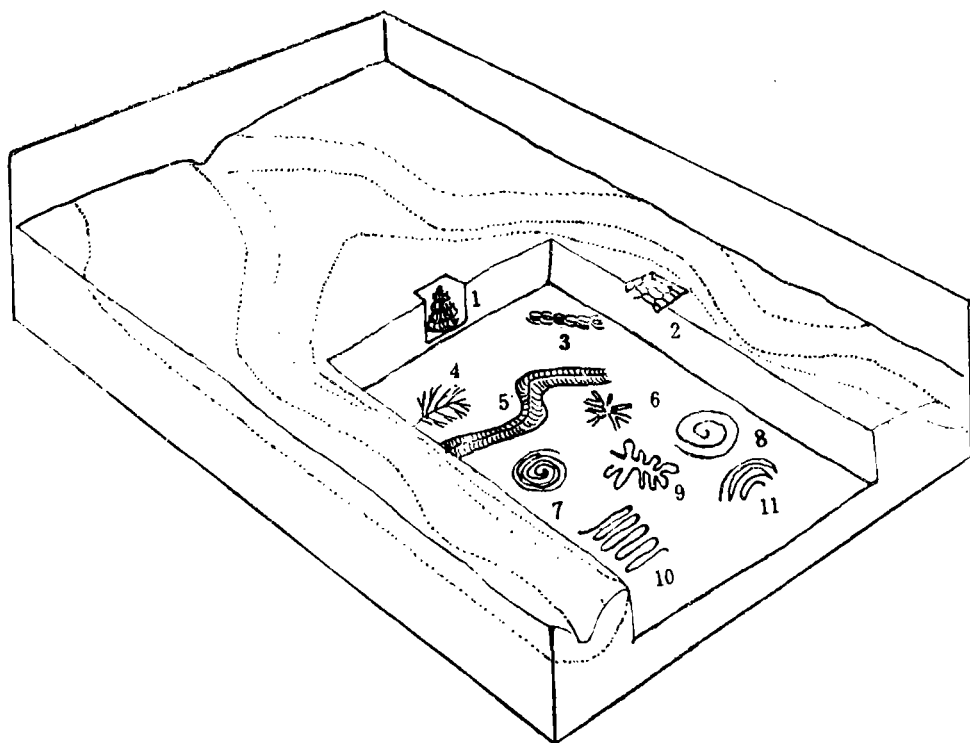


图10深海砂质扇—外扇的水道间区遗迹化石组合(据Crimes, 1981)

- 1—*Zoophycos*; 2—*Paleodictyon*; 3—*Fucusopsis*; 4—*Chondrites*;
5—*Scolicia*; 6—*Glockeria*; 7—*Spirorhaphé*; 8—*Spirophycus*;
9—*Phycosiphon*; 10—*Helminthoida crassa*; 11—*Helminthoida labyrinthica*

6. 沉积物补偿不足舌状体沉积遗迹化石组合

沉积物补偿不足舌状体沉积主要由薄层细砂岩和页岩组成,代表了沉积物供应不足的特

征。

沉积物补偿不足舌状体沉积物中遗迹化石以近于等量的深水型(D)和“穿相”型(F)共生为特征:“穿相”型(F) *Chondrites*, *Fucusopsis*, *Granularia*, *Lophoctenium*, *Neonereites*, *Scolicia*; 深水型(D) 弯曲形 *Subphyllochora*, 辐射形 *Glockeria*, 旋转形 *Spirophycus*, *Spirorhaphe*, 蛇曲形 *Helminthoida*, *Helminthopsis*等(图11)。

7. 扇缘—盆地平原沉积遗迹化石组合

扇缘—盆地平原沉积物主要由粉砂岩和页岩组成,代表了远源沉积环境。

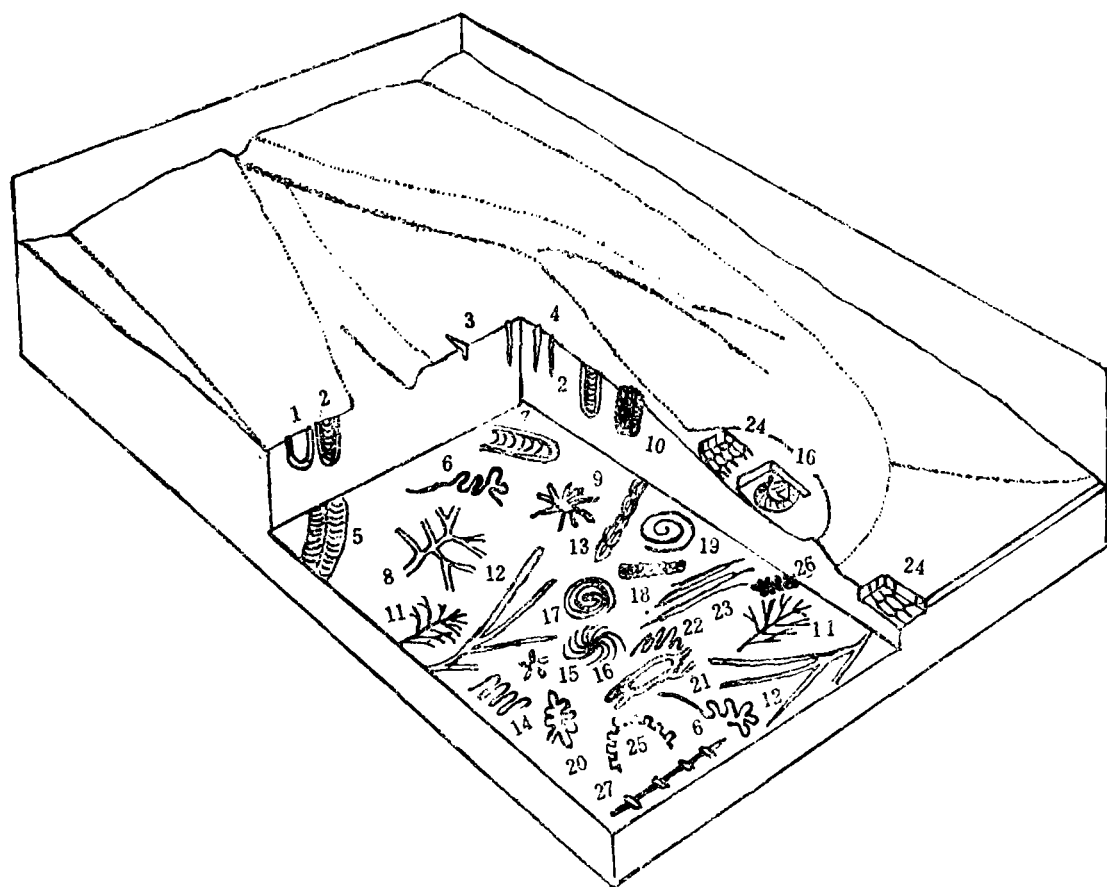


图11深海砂质扇—外扇沉积舌状体和扇缘遗迹化石组合(据 Crimes, 1981)

- 1—*Arenicolites*; 2—*Diplocraterion*; 3—*Pelecypodichnus*; 4—*Skolithos*;
 5—*Scolicia*; 6—*Cosmorhaphe*; 7—*Rhizocorallium*; 8—*Thalassinoides*;
 9—*Glockeria*; 10—*Ophiomorpha*; 11—*Chondrites*; 12—*Granularia*;
 13—*Fucusopsis*; 14—*Helminthoida crassa*; 15—*Lorenzinia*; 16—*Zoophycos*;
 17—*Spirorhaphe*; 18—*Neonereites*; 19—*Spirophycus*; 20—*Phycosiphon*;
 21—*Megagraption*; 22—*Helminthoida labyrinthica*; 23—*Urohelminthoida*;
 24—*Paleodictyon*; 25—*Paleomeandren*; 26—*Saerichnites*; 27—*Fustiglyphus*

遗迹化石组合以由深水型(D)的蛇曲形和网状形的啃食迹和耕食迹组成为特色;蛇曲

形啃食迹 *Helminthoida*, *Helminthopsis*, *Paleomeandron*, 网状形耕食迹 *Paleodictyon* (图11)。

四、深海远洋沉积物遗迹化石组合

深海远洋沉积物中广泛地出现由造迹生物潜穴作用所形成的生物扰动构造。深海环境造迹生物由广深型和狭深型生物群落组成, 包括有: 腔肠动物 (Coelenterates)、星虫动物 (Sipunculan)、腕足动物 (Brachiopoda)、十足类 (Decapoda)、掘足动物 (Scaphopods) 和蛇尾类动物 (Ophiuroids) 的广深型造迹生物; 海绵动物 (Sponges)、蠕虫动物 (Echiurans)、须腕动物 (Pogophorans)、等足类 (Isopods)、端足类 (Amphipods) 和海星动物 (Asteroids) 的狭深型造迹生物。

深海远洋遗迹化石分布于具平行纹层的粉砂和具生物扰动构造的粘土中: a. 具生物扰动构造的粘土以出现 *Chondrites* 觅食构造潜穴迹为特征; 平行纹层粉砂的层理面上出现有啃食迹 *Helminthoida*, *Nereites* 和耕食迹 *Paleodictyon* 等遗迹化石组合为特征。隶属于典型的 *Nereites* 遗迹相。

现代深海远洋沉积物的盒状岩的研究表明 (Ekdale, 1984), 深海沉积物表层展出三层或潜穴层序构造:

a. 上层式—混合层 (Mixed layer)

颜色和结构均匀的 (由潜穴生物造成均匀混合的结果) 软质沉积物, 具大量的开口式竖穴, 包括有微小型 *Trichichnus*。

—————5—8cm—————

b. 中层式—过渡层 (Transition layer)

颜色和结构反差大 (由潜穴生物造成不均匀混合的结果) 的固结沉积物, 具少量的开口式竖穴和平穴, 包括有 *Skolithos* 和 *Planolites*。

—————20—35cm—————

c. 下层式—历史层 (Historical layer)

褪色 (仅有一些或者无潜穴生物作用) 的固结沉积物, 极少量几个开口式竖穴。

现代深海远洋沉积物具有二类遗迹化石组合分布:

第一类位于 CCD 面以上的碳酸盐软泥遗迹化石组合, 包括有 *Taphrhelminthopsis*, *Glockeria*, *Spirorhappe*, *Paleodictyon*, *Cosmorhappe*, *Spirodesmos*, *Trichichnus*, *Skolithos*, *Zoophycos*, *Chondrites*, *Teichichnus*, *Planolites* 等 (图12)。

第二类位于 CCD 面以下的深海粘土遗迹化石组合, 包括有 *Trichichnus*, *Spirodesmos*, *Glockeria*, *Planolites* 等 (图13)。

深海沉积环境中遗迹化石是指示深海盆地海水停滞时期的缺氧事件的标志之一。深海沉积物中潜穴的出现, 表明该环境中存在有氧存在; 食沉积物的软体造迹生物所形成的觅食构造迹反映缺氧条件; 在无生物扰动构造和无介壳生物保存的富含黑色有机碳沉积物中的 *Chondrites* 潜穴, 表明了该沉积物是缺氧事件的产物 (Ekdale, 1984)。

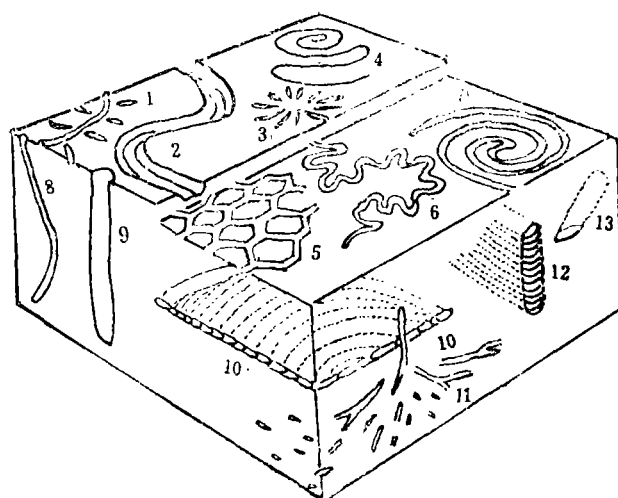


图12深海碳酸盐软泥沉积物遗迹化石组合

(据Ekdale, 1984)

1—*Pinnate trail* (羽毛形迹); 2—*Taphrhelminthopsis*; 3—*Glocker*, 4—*Spirodesmos*; 5—*Paleodictyon*; 6—*Cosmorhaphé*; 7—*Spirorhaphé*; 8—*Trichichnus*; 9—*Skolithos*; 10—*Zoophycos*; 11—*Chondrites*; 12—*Teichichnus*; 13—*Planolites*;

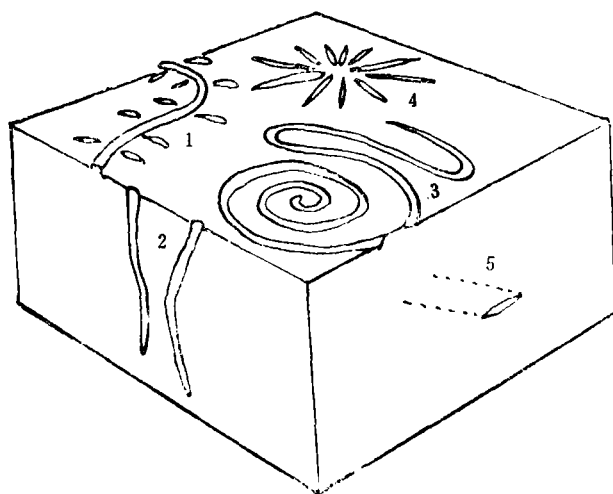


图13深海粘土沉积物遗迹化石组合

(据Ekdale等, 1984年)

1—*Pinnate trail* (羽毛形迹); 2—*Trichichnus*; 3—*Spirodesmos*; 4—*Glocker*; 5—*Planolites*