

国外地质资料选编(二十二)

岩相古地理研究及编图方法

(专 辑)



地质科学研究院情报所

1975. 10.

岩相古地理研究及编图方法

(专 辑)

地质科学院情报所
中国科学院地质所七室 编译

地质科学院情报所

前 言

岩相古地理研究，在沉积和沉积变质矿产的成矿预测、普查和勘探方面有着重要的作用；对于充分发挥区域地质调查成果的作用，提高区域地质调查工作质量有着重要的意义；在恢复区域地质发展历史和解决地质学中一些重大问题时也是必须进行的一项研究工作。

我国解放以来，特别是文化大革命以来，开展了大量的区域地质调查、普查和勘探工作，积累了丰富的资料。近年来，又按各大行政区开展了“编制古生物图册和区域地层表”的工作，这些都为进一步开展岩相古地理研究打下了良好的基础。

为了配合我国岩相古地理研究工作的广泛开展，我们编辑了这本专辑。专辑收集了国外有关相分析、古沉积环境识别和岩相古地理图编制方法等方面的资料，共16篇文章，约28万字。其中第一篇“国外岩相古地理研究”一文是我们编写的，目的是为了便于读者阅读本专辑，并使读者对国外岩相古地理研究现状和发展有个概貌性的了解。

毛主席教导我们：“自力更生为主，争取外援为辅，破除迷信，独立自主的干工业、干农业、干技术革命和文化革命，打倒奴隶思想，埋葬教条主义，认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒，这就是我们的路线。”毛主席的这个教导，也是我们研究和吸收国外岩相古地理工作经验教训的基本指导思想。

我们相信，在我国广泛开展岩相古地理研究，不仅会使中比例尺的区域地质调查成果更好地发挥作用，促进大比例尺的区域地质调查工作更好地开展，而且可以加强对沉积矿产的成矿预测，提供更多的普查勘探后备基地。

由于我们思想水平和业务水平有限，书中可能有一些缺点、错误，请同志们批评指正。

编者 1975年 10月

目 录

1. 国外岩相古地理研究.....	编者	(1)
2. 苏联相分析和古地理分析的发展、现状及任务.....		
.....	Г.Ф.克腊申宁尼科天	(18)
3. 地层中冲积扇沉积物的识别.....	W.B.布尔	(25)
4. 河流沉积的物理特征.....	G.S.维谢尔	(46)
5. 湖相岩石的识别标志.....	M.D.皮卡德等	(61)
6. 蒸发盐-碳酸盐滨线沉积的识别.....	F.J.露西亚	(100)
7. 遗迹化石是识别地层记录中滨线的标志.....	J.D.霍华德	(132)
8. 古浅海环境的识别(附附录).....	P.H.赫克尔	(144)
9. 盐类建造岩相组合的分布规律.....	C.M.科涅夫斯基	(196)
10. 费尔干纳白垩纪沉积物古地理研究方法及其成果.....	H.H.魏尔集林	(202)
11. 运用剖面法描述岩性-古地理情况.....	W.内尔德克	(208)
12. 编制西伯利亚岩性-古地理图的标准剖面研究法.....	B.И.布加托夫等	(217)
13. 编制俄罗斯地台及其边缘地槽区岩相图和古地理图的基本原则.....		
.....	B.Д.纳利夫金等	(223)
14. 关于乌拉尔的古地理填图问题.....	Г.А.斯米尔诺夫	(236)
15. 关于含煤沉积的古地理填图问题.....	B.Ф.舒尔加	(243)
16. 大比例尺岩相图及古地理图的编制方法.....	H.A.米哈依洛娃	(252)

国外岩相古地理研究

一、岩相古地理研究的意义和发展概况

沉积（包括沉积变质和火山沉积）矿产在世界矿产资源储量表中占有重要的地位。据统计，作为能源的石油、天然气、煤等全部是沉积生成的，沉积的铀矿石在铀矿总储量中占 86%；沉积和沉积变质的铁矿石占 80%，锰矿石和铝土矿为 100%，铜矿石占 35%，铅锌矿石占 50%；铌、钽、锆、铪、钽、稀土等主要来自于现代砂矿，至于非金属矿产，如磷、钾盐、自然硫、岩盐、硼、碘和溴，以及用量巨大的建筑材料如砂、砾、灰岩等，沉积成因的不是 100%，至少也有 80%（见表1）。这些沉积矿产，无论是现代的，还是古代的，甚至是前寒武纪沉积变质的，它们的形成往往受各种各样的古地理条件所控制。例如：

油气田的分布与三角洲的关系非常密切。尼日利亚虽然早在 1908 年就开始勘探石油，但在 1955 年以前由于没有进入尼日尔河三角洲地区，并且对三角洲沉积有丰富的油气聚集也缺少认识，所以始终未获得工业油流。1955 年之后由于研究了三角洲的区域地层、构造和古地理，很快就发现了一系列大油田。现在尼日尔河三角洲地区石油可采储量已达 20 亿吨，天然气储量达 11,200 亿立方米。

表 1：某些沉积矿产在矿产总储量中占的百分比

石油、天然气	100%	铅锌矿石	50%	钾盐	100%
煤	100%	铝土矿	100%	自然硫	90%
油页岩	100%	铀矿石	80%	岩盐	100%
泥炭	100%	钽	80%	碘、溴	100%
铀矿石	86%	铌、钽	75%	硼矿石	>85%
铁矿石	80%	锆、铪	100%	灰岩、泥灰岩	100%
锰矿石	100%	稀土(独居石)	80%	粘土	100%
铜矿石	35%	磷	80%	砂、砾	100%

• 成因尚有争论

澳大利亚北部乔治纳盆地的磷矿，是 60 年代中期，从古纬度角度出发对世界各地质时期磷块岩进行古地理分析之后，根据磷块岩产在古洋流上升地区的假说而发现的。现在探明的可采储量达 11 亿吨。

世界著名的赞比亚-扎伊尔铜矿带长 500 公里，宽数十公里，铜储量约占国外总储量的五分之一。举凡这类重要的砂岩铜矿主要是浅海相和泻湖-三角洲相的，目前，古地理研究乃是寻找这类矿床的基本手段。通过研究含铜沉积的古地理特征，恢复出古海岸线的位置，确定含铜沉积的沉积相，查明矿产分布规律，进而发现含铜带。

目前已证实，前寒武纪含铁硅质岩中 99% 的富铁矿都是风化壳型的，它们主要是元古代的含铁硅质岩，在雨季和旱季交替的炎热潮湿气候条件下，经过长期风化淋滤而形成

的。因此寻找这类富矿石，必须研究含铁硅质岩形成后古地理、古气候的变化，寻找古风化壳和古夷平面。

以上数例说明，对于沉积和沉积变质矿产的预测、普查和勘探来说，岩相古地理研究有着重要的意义。

为了研究地壳上的海陆变迁，阐明区域地质发展史、恢复各个地质时期不同地区的古地理面貌，以及阐述地质学中的一些理论问题，也需要研究岩相古地理。

岩相古地理研究是以区测普查工作中搜集到的大量第一性资料为基础的，因此，通过岩相古地理研究可以进一步深化这些资料，并把构造运动、沉积作用、古气候和古生物等各方面的资料有机地联系起来，从而有助于提高区测普查工作的质量。

基于这些原因，岩相古地理的研究在国外受到了重视。例如，苏联在六十年代陆续编制了“俄罗斯地台及其边缘地槽区古地理图”、“乌拉尔古地理图”，以及1/750万的全苏石炭纪、三迭纪、侏罗纪、白垩纪、老第三纪、新第三纪、第四纪等古地理图。在编图的同时对岩相古地理研究作了总结，出版了一系列有关岩相古地理的专著。美国偏重于现代沉积环境和古沉积环境的研究，对沉积环境的各种特征和古沉积环境的识别召开了专门会议，作了总结，出版了专著。法国、澳大利亚等国在这方面也做了不少工作。

我们应该看到，尽管国外岩相古地理的研究取得了一定的进展，但是，目前由于分析方法还很不完善，在相分析和古地理恢复方面还有许多悬而未决的问题，因此，同一个地区，同样的资料，不同的人却得出了截然不同的古地理结论。

我们还应该看到，在资本主义和修正主义的社会制度下，岩相古地理学和其它自然科学一样，必然充斥有唯心主义、形而上学的观点。例如，在苏联就有人宣扬古地理学万能，认为编制了古地理图，就完全解决了矿产预测问题。他们把古地理编图搞得繁琐庞杂，就连他们自己也不得不承认，这种“古地理图常常是又多又大，而且难以阅读”。

二、相分析和古沉积环境的恢复

1. 相分析

相的概念和分类目前分歧相当大，在“苏联相分析和古地理分析的发展、现状及任务”一文中把相理解为“沉积物综合体，它在成分上和形成的自然地理条件上不同于相邻的同一时代沉积物”。相分析，即是“在地区上追溯同一时代的沉积，查明在这些沉积中所发生的变化和对这些变化作出成因解释”。目前相分析主要依靠沉积物的物理特征、沉积构造、矿物学标志、地球化学标志和古生物学标志。

1) 沉积物的物理特征

颗粒参数 沉积岩是由矿物颗粒和岩石颗粒组成的，单个颗粒特征，如粒度、圆度、球度、定向排列等部分受沉积环境所控制，因此它们可以被用来作为环境指示的标志。

a. 粒度 粒度以前多用“十进位制”和“自然粒级制”计量，现在则偏向于用 Φ 值（对数标准， $\Phi = \text{Log}_2 d$ ）来计量（表2）。粒度分析目前最常用的是标在算术座标上的累积曲线和频率曲线，以及标在对数概率座标上的对数概率曲线（图1）。

表 2

自然粒级	网 目	mm	Φ	温 德 华
砾	10	2.00	-1	砾
	18	1.00	0	
砂	35	0.5	1	砂
	60	0.25	2	
	120	0.125	3	
	230	0.0625	4	
粉 砂		0.031	5	粉 砂
		0.0039	8	
粘 土				粘 土

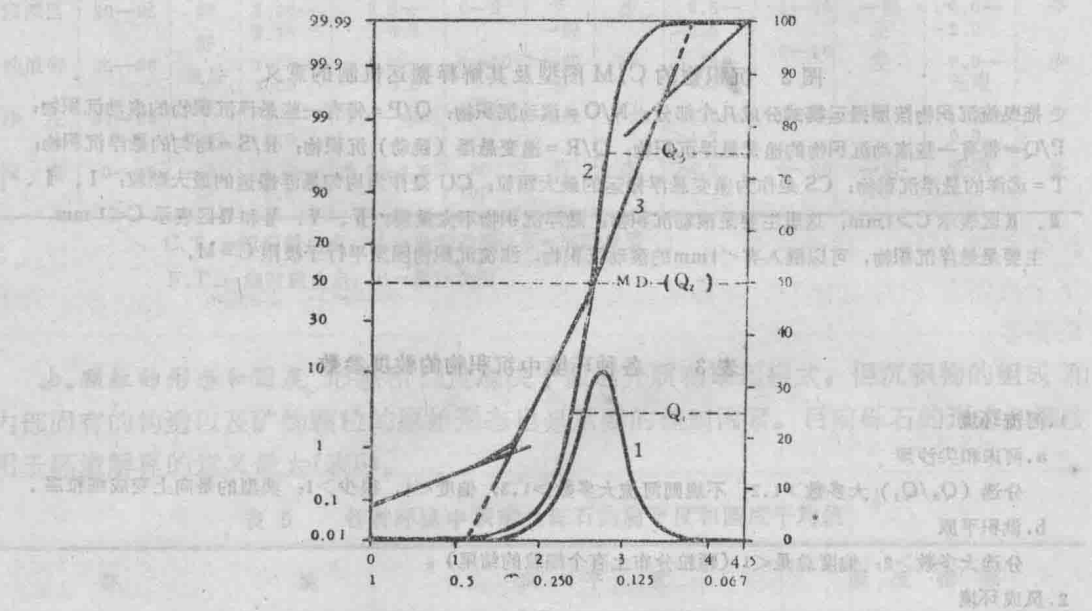


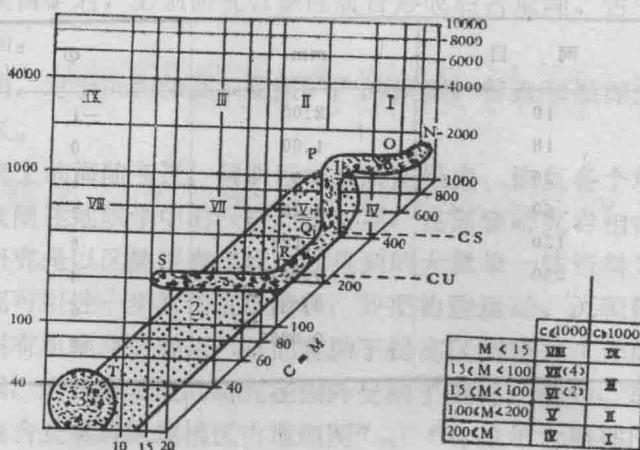
图 1 三种常见的沉积物粒度分布曲线图

1. 频率曲线；2. 累积曲线；3. 对数概率曲线。曲线 1 和 2 绘在算术坐标上，曲线 3 绘在对数概率坐标上，标出通常由计算获得的 Q_1 、 Q_2 (MD) 和 Q_3 三个参数。

帕赛格根据百分位数为一的最粗粒度(C)和百分位数为 50 的平均粒度 (M) 的对数图解，作出了表示环境特征的 CM 图型 (图2)。各种环境的沉积都有特征性的图式。

沉积物的搬运主要有三种模式：滚动的、跳动的和悬浮的。不同的环境具有不同的搬运模式，也就是说具有不同的粒度分布 (见表3、4)。

根据粒度分布可以识别沉积环境，但是必须注意，这并不是绝对的。因为，首先是不同的环境可能具有同样的或类似的水动力条件，由此可以引起同样的粒度分布。其次沉积环境本身变化多端，既有过渡类型，也会出现极端特殊的情况，因此粒度分布也会随之而改变。第三，古老的沉积物由于受到成岩作用的影响，粒度参数也会发生变化。所以，粒度参数只有和其它因素结合起来才能作为环境标志。在任何情况下，它只是提供一般的水动力条件和确定各种沉积——悬浮、跳动、滚动的相对作用。



拖曳流沉积物按照搬运模式分成几个部分: N/O = 滚动沉积物; O/P = 带有一些悬浮沉积物的滚动沉积物; P/Q = 带有一些滚动沉积物的递变悬浮沉积物; Q/R = 递变悬浮(跳动)沉积物; R/S = 均匀的悬浮沉积物; T = 远洋的悬浮沉积物; CS 是作为递变悬浮搬运的最大颗粒; CU 是作为均匀悬浮搬运的最大颗粒; I 、 II 、 III 、 IV 区表示 $C > 1mm$; 这里主要是滚动沉积物; 悬浮沉积物不太重要, V 、 VI 和 VII 区表示 $C < 1mm$, 主要是悬浮沉积物, 可以混入有 $< 1mm$ 的滚动沉积物, 浊流沉积物类型平行于极限 $C = M$ 。

1. 河流环境

分选 (Q_3/Q_1) 大多数 >1.2 ; 不规则河流大多数 >1.3 , 偏度 <1 , 很少 >1 ; 典型的是向上变成细粒层。

分选大多数 >2 ；偏度总是 <1 （颗粒分布上有个细粒的结尾）。

a. 砂丘

分选好, 偏度大多数 <1 ; 粗粒尾巴一般缺失; 粒度在垂直层序上只有少许变化; 中间粒径大多数在 $0.05-0.35\text{mm}$ 之间。

分选差：偏度大多数 <1 （极细粒部分）；中间粒径通常 $<0.1\text{mm}$ 。

a. 砂灘

砂准沉积物的分选是最好的(大多数为 1.1—1.23); 偏度大多数 > 1 ; 在对数概率纸上累积曲线显示出两个跳变亚类型。

分选差; 偏度 ≤ 1 ; 在滨外大陆架部分, 砂质部分几乎缺失。

在大陆斜坡上是粘土质粉砂；在深海平原是粉砂质粘土；被粗粒浊流沉积物所隔断。

表 4 各种沉积环境中砂的粒度特征

环境	跳动类型 (A)				悬浮类型 (B)				滚动类型 (C)			
	%	分选性	C.F. Φ	F.T. Φ	%	分选性	A和B 混合	F.T. Φ	%	分选性	C.T. Φ	A和C 混合
河流	65—98	一般	-1.5— -1.0	2.75—3.50	2—35	差	少	>4.5	各种 各样	差	无限	少
天然堤	0—30	一般	2.0— 1.0	2.0—3.5	60—100	差	多	>4.5	0—5			没有
潮水通道	20—80	好	1.5— 2.0	1.5—3.5	0—20	差 好	多	3.5— >4.5	0—70	一般 好	-0.5— -1.5	平均
潮水入口 处	30—65	好	1.25— 1.75	2.0—2.5	2—5	一般 好	平均	3.5— 4.0	30—70	一般 好	-0.5— 无限	平均
海滩	50—99	2组 极好	0.5— 2.0	3.0—4.25	0—10	一般 好	少	3.5— 4.5	0—50	一般	-1.0— 无限	平均
倾入带	20—90	好	1.5— 2.5	3.0—4.25	0—2	好	多	3.0— >4.5	10 90	一般 差	无限	平均
浅滩区	30—95	好	2.00— 2.75	3.5— >4.5	0—2	差 一般	少	3.5— >4.5	5—70	一般 差	0.0— -2.0	多
波浪带	35—90	极好	2.00— 3.00	3.0— >4.5	5—70	一般 差	多	3.75— >4.5	0—10	差	0.0— 无限	少
沙丘	97—99	好 极好	1.0— 2.0	3.0—4.0	1—3	一般	平均	4.0— >4.5	0—2	差	1.0— 0.0	少
浊流	0—70	一般 差	1.0— 2.5	0.0—3.5	30 100	差	多	>4.5	0—40	一般 差	无限	多

C.T.=粗粒截止点; A=跳动类型; C=滚动类型

F.T.=细粒截止点; B=悬浮类型

b. 颗粒的形态和圆度 形态和圆度取决于搬运介质和搬运模式。但沉积物的组成和内部固有的构造以及矿物颗粒的原始形态也是重要的控制因素。目前砾石的形态和圆度用于环境解释的意义最大(表5)。

表 5 各种环境中碳酸盐砾石的扁平度和圆度平均值

环 境	扁 平 度	圆 度 指 数
河 床 残 留 砾 石	1.2—1.6	290
底 磧	1.6—1.8	40—90
冰 水 沉 积	1.7—2.0	240—300
海 滨	2.3—3.8	170—610
湖 滨 (日 内 瓦 湖)	2.3—4.4	300—370
冰 块	2.0—3.1	10—40
温 暖 气 候 河 流	2.5—3.5	70—200

扁平度 $a+b/2c$, a最大长度, b最大宽度, c最大厚度, 圆度指数 $\frac{2V}{L}$

c. 颗粒定向 沉积颗粒, 如砾石、石英、云母、有机物颗粒等的长轴排列方向 和对于水平面的倾斜可以用于环境解释。目前最有意义的乃是砾石 (见图3)。

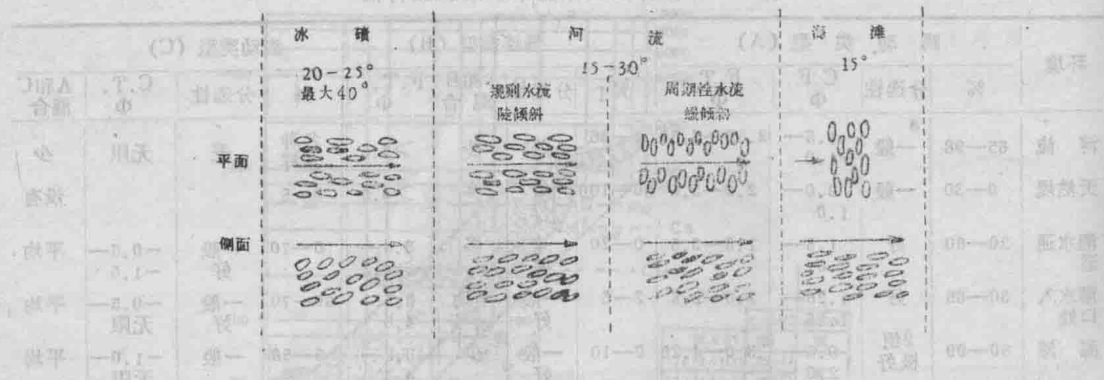


图3 各种环境的砾石方位示意图

冰碛：延长方向平行于流向，高角度迎流迭瓦状（20—40°）；陡坡河流：延长方向平行于流向，中角度迎流迭瓦状（15—30°）；缓坡河流：延长方向垂直于流向，中角度迎流迭瓦状（15—30°）；滨海：延长方向平行岸线，与波浪传播方向垂直，低角度向海倾斜迭瓦状（15°）。

2) 沉积构造

①波痕 波痕是沉积岩的最常见的特征之一。1971年赖内克等人提出了一个新的成因分类（表6）。从分类表中可以看出，描述波痕大小和形态的主要参数是：波痕长度（L）、波痕高度（H）、波痕指数（L/H，又称纵向形态指数）、对称指数（向流面和背流面水平投影 l_1 和 l_2 之比）。此外根据脊的形态可作进一步描述，如直的、波状的、菱形的等等。

表6：波痕的成因分类

a. 水流波痕（横向的）

名称	脊的性质	大小参数	波痕指数L/H	对称性	内部构造
小水流波痕	直的、波状处、舌状的、菱形的	L=4—60cm H=达6cm	>5 多数8—15	不对称	形态一致的、形态不一致的、上攀的
大水流波痕*	直的、波状的、新月状的、舌状的、菱形的	L=0.6—30m H=0.06—1.5m	多数 >15	不对称	形态一致的、形态不一致的
巨型水流波痕**	直的、波状的、分叉的	L=30—1000m (很少20—30m) H=1.5—15m	多数 >30 可达约100	不对称的 和对称的	已知只有形态不一致的
逆行砂丘	直的	L=0.01—6m H=0.01—0.45m		几乎是对称的	形态一致的、形态不一致的

*. 活动的大波痕区能被小波痕迭复；... 活动的巨型波痕区能被大波痕迭复。

b. 波浪波痕

名称	脊的性质	大小参数	波痕指数L/H	对称性	内部构造
对称的波浪波痕	直的、部分分叉的	L=0.9—200cm H=0.3—22.5cm	4—13 大部分6—7	对称的	形态一致的、形态不一致的、上攀的
不对称的波浪波痕	直的、部分分叉的	L=1.5—105cm H=0.3—19.5cm	5—16 大多数6—8	不对称的 R.S.I=1.1—3.8	形态一致的、形态不一致的、上攀的

C孤立（不完整）波痕（在底層上由于缺少沉积物形成的）

名 称	脊 的 性 质	大 小 参 数	对 称 性	内 部 构 造
孤立小水流波痕	类似小水流波痕	类似小水流波痕，只是高度较低	不对称的	形态一致的、形态不一致的
孤立大水流波痕	直的、曲的、S形、Chel形	类似大水流波痕，只是高度较低	不对称的	形态一致的、状态不一致的
孤立巨型水流波痕	类似水流波痕	类似巨型水流波痕	不对称的、对称的	形态不一致的
孤立波浪波痕	直的、曲的	类似波浪波痕，只是高度较低	对称的、不对称的	形态一致的、形态不一致的

d.水流/波浪联合波痕

名 称	脊 的 性 质	大 小 参 数	对 称 性	内 部 构 造
纵向水流/波浪联合波痕（波浪传播方向和水流方向成直角）	直的，不分枝的脊平行于水流方向；在软泥中也见到	$L=2.6-5\text{cm}$	对称的和不对称的	形态不一致的
横向水流/波浪小波痕（波浪方向平行于水流方向）	多数是圆形脊，与水流方向垂直		不对称的	形态一致的、形态不一致的

e.风成波痕

名 称	脊 的 性 质	大 小 参 数	波痕指数L/H	对称性	内 部 构 造
风成沙波痕	直的、部分分叉的	$L=2.5-25\text{cm}$ $H=0.5-1.0\text{cm}$	10—70以上	不对称	纹层砂，很少几个前积纹层，粗砂集中在脊部附近。
风成粒波痕	直的、新月形的、娥眉形的	$L=25-20\text{cm}$ $H=2.5-60\text{cm}$	12—20	不对称	前积纹层呈相反的方向，在脊上颗粒富集

说明：纵向的一波痕脊平行于水流方向；横向的一波痕脊垂直于水流方向；L—波痕长度；H—波痕高度

波痕主要受水动力学条件所控制。许多波痕类型虽然能在几种不同的环境中发现，但它们的形态和分布（特别是它们的相对丰度）能够为识别沉积环境提供参考（表7）。

②层理 尽管层理是沉积岩中最常见的、最重要的、而且也是研究得最多的一种构造特征，但是直到现在还没有一个一致的或完全令人满意的分类。由于各种层理的成因含义仍是模糊不清，所以它们的环境意义也就争论很大。

目前，一般将层理按形态分成交错层理、波状层理、水平层理，以及各种复杂形态的层理。

交错层理又可按单个组的大小分成小型交错层理（几毫米—5厘米）、大型交错层理（五厘米—1-2米）；也有按形态分成面状、板状、弧状、槽状等几种；还有按交错层的倾斜角度分成低角度交错层理、中等角度交错层理和高角度交错层理。

交错层理的发育范围很广，从风成、河流、冰水、湖泊、三角洲，直到滨海，因此其成因十分复杂。一般认为弧状和槽状交错层理是在河床或受潮水影响的海滩中发育的。风成的交错层理规模往往很大，单层的倾斜角度也十分高，可达30°左右。

表 7 产于各种沉积环境中的波痕

环 境	大型水流波痕	小型水流波痕	波浪波痕	上升型波状纹理	菱形波痕	逆行沙丘
河 流	++	++	○	++	○	○
湖 泊	-	○	+	-	-	-
湖 滩	-	+	++	-	○	○
泻 湖	-	○	+	○ ^a	-	-
潮 间 平 台	+	++	++	○	○	○
潮水道和潮水入口处	++	++	-	○	-	-
后 滨 和 前 滨	+	+	++	○	+	+
上 临 滨	+	+	+	-	-	-
下 临 滨	-	○	+	-	-	-
过 渡 带	-	○	+	-	-	-
泥质大陆架	-	-	○	-	-	-
沙质大陆架	+	+	○	-	-	-
大陆斜坡和隆起	-	○	-	-	-	-
深 海	-	-	-	-	-	-
(砂)						
深 海	-	+	?	-	-	-
浊 流	○	+	-	+	-	○
海 山	-	+	○	-	-	-

a: 只有波浪波痕成因的上升型波状纹理。++大量; +一般; ○稀少; -缺失

波状层理多数发育于河漫滩、滨海的沙滩、沙坝和浅水地带。

微细纹理、水平层理和块状层理(无层理)一般认为是湖泊特征。

近年来对递变层理(有人称为粒级层理或序粒层理)研究得也比较多。这种层理在组分上由砂、粉砂,直到粘土,形成一个韵律结构。许多人认为这种层理多数是由浊流造成的。在三角洲、河漫滩或冰湖沉积物中偶而也发育有这种层理。

各种层理的环境意义见表 8。

③层面特征 泥裂是沉积物周期性暴露于空气,并且气候比较干燥所造成的,一般出现在干池塘、河和泻湖的岸带、海的潮间带等环境中。最近发现泥裂也可在水下形成,由粘土快速沉降并遭到压缩,或者盐度增大而使泥层缩裂而成。

雨痕是河漫滩,特别是湖和海的泥质滨岸所特有的。

鸟眼构造出现于间歇暴露于空气的海滨、潮坪、湖岸地带。

晶痕和晶体印模是冰、盐、石膏等在软的沉积物上留下的痕迹和印模,它们在湖岸、洪积平原和潮间带最为常见。

表 8 各种层理的环境意义

层理类型	陆相						海相						过渡相				
	风成		河流		冰水	湖泊沼泽	沙漠暂时水流	滨海			深海		水		泻湖	河口	
	沙漠沙丘	滨海沙丘	河床	河漫滩				水下三角洲	沙坝	岸滩	低淤海岸	受波浪影响的浅水带	底流	浊流	横流	静水沉积带	
交错层理	巨型	+++	+		++			+	++	++			+				?
	大型	+++	++		++			++	++	++			++				
	小型		+	++	+			++	++	+			++				
	极小型			+									++				
波状层理	交错波状层理		+	++	++				++	++							
	不对称的		++					++	++					+			
		小型	+	++	++	++		++	++								
	对称的		++						+					-	-		
缓波状层理		+		++	++				+							+	
	小型															++	
水平层理	-	-	+	++	++				++	++			+	++	++	++	?
递变层理				+	+									++	++		
斜交层理																	?
簇状层理																	
树枝状层理	+/								+/	+/							
复杂的波状层理				++													
复杂的条带状层理																	

+++ 确定相的主要层理类型；++ 常出现但不能用来确定相的层理类型；+ 很少出现和非特有的层理类型；? 还没有见到，但在该相中理论上可能有的层理类型（需要验证）；+/ 虽然很少出现，然而是在该相所极为特有的层理类型；— 这种层理类型肯定不会出现。

3) 矿物学标志

碎屑矿物主要取决于来源区,因此,几乎任何环境都能沉积。但是某些自生矿物却有十分重要的环境意义。一般认为自生的长石、沸石是湖相沉积的标志,而鲕绿泥石和海绿石则是海相沉积的标志。磷块岩的大量出现标志着水深为 100—1000 呎的浅海环境。

蒸发盐矿物,如石膏、硬石膏、盐类等是浅海、泻湖和盐湖的沉积物。据研究,硼化物和天然碱是湖相的,其它蒸发盐,如果出现于非海相环境,则也是湖相沉积的有力证据。

粘土矿物也具有一定的指示环境的意义。有人作过对比,在河成砂岩中高岭石较多,伊利石非常少;而海成砂岩中绿泥石较多,并有大量的伊利石。本专辑57页的图10就说明了这种矿物学上的关系。

4) 古生物学标志

化石是识别环境,特别是区分海相和非海相环境的有力工具。从本专辑72页的表2中我们可以看出,放射虫、硅质鞭毛虫、钙质海绵、硅质海绵、珊瑚、苔藓虫、腕足类、棘皮类、有板类、掘足类、头足类、藤壶等生物都只生活在海相环境。红藻、绿藻、球石藻、有孔虫等大多数生活在海相环境中。据研究,现已绝灭的古杯类、层孔虫、软舌螺、三叶虫、锥石、竹节石、光壳节石、牙形石、笔石等都是典型的海洋生物。

最普通的非海相无脊椎动物化石有瓣鳃纲、腹足纲和介形亚纲。本专辑74页的表3列出了淡水的瓣鳃纲和腹足纲的化石。这些淡水化石目前还不能用来可靠地区分河流和湖相环境。

近年来,在西欧研究遗迹化石的基础上,美国地质工作者对遗迹化石进行了系统的研究。遗迹化石是指生物活动的遗迹,如潜穴、足迹、爬痕等等。在相分析中它具有遗体化石所不具备的一些优点。首先是它不存在搬运和再沉积的问题。其次,在遗体化石保存很稀少的沉积物,如砂岩和页岩的交互层中,它们却很普遍。最重要的是,不同的生物对相同的环境有相似的行为反应,因此,许多遗迹化石不管其生物成因如何,都有一个狭窄的相范围。由于具有这些优点,所以在相分析中,它的作用越来越大。

在海滩和潮浦等边缘环境中,由于环境变化较大,各种底栖生物为了保护自已,挖掘了垂直的深穴。在潮下带的浅海环境中,潜穴不仅没有边缘环境的那样深,而且一般是倾斜或水平的,以此作为“攫食坑”。在极端稳定的深海环境中,底栖生物不再需要潜穴,而是系统地进化了它们的攫食方法,因此留下的是弯曲状、网状或螺旋状的爬痕。至于鸟类的足迹,则是湖滨、海滨和河漫滩所特有的。主要沉积环境中遗迹化石及“遗迹相”的分布情况见本专辑162页的图7。

2. 古沉积环境的恢复

1) 冲积扇沉积物的识别

许多地区,冲积扇沉积物是主要的地下水储水层,而且许多地下水盆地的补给也要

通过盆地边缘的冲积扇。很多冲积扇的表层很适合于农业、城市和工业利用。因此，研究冲积扇具有一定的经济意义。

冲积扇沉积物的识别主要是根据下列一些特殊的物理性质：

1. 冲积扇是在氧化条件下沉积的，很少保存有良好的有机物质。
2. 组成冲积扇的物质，往往是河流和网状支流的水携沉积物，或者是泥流和粗粒的泥石流沉积物。河床充填沉积物占的比重不大。
3. 冲积扇外形上呈扇状。古冲积扇沉积物往往呈长与宽之比值为 5—20 的席状体形式出现，因此它在辐向上延伸很长，而横向上露头分布有限。
4. 从扇顶顺坡而下，碎屑粒度减少，但是由于扇顶被切割，粗粒碎屑物往往沉积在冲积扇的中、下部，而不是在上部。
5. 河流的切割-充填构造在扇顶附近很常见，在坡脚附近则很少见。
6. 由于搬运和沉积的水动力条件变化很大，所以沉积物的厚度、碎屑粒度和分选性变化也很大。
7. 在帕赛格的 CM 图型上，冲积扇沉积物呈现出二种特殊的图型。一是代表暂时水流沉积的拖曳水流型的弯曲图型，另一是代表泥石流沉积的大致平行于 $C = M$ 极限的直线式图型，这种直线式图型和浊流沉积物的直线式图型不同点在于，沿泥石流直线式图型的轴部，C 值为 M 值的 40—80 倍，这比浊流沉积物的比值大 10 倍。
8. 冲积扇与河漫滩或湖相沉积物的接触方式是超覆或舌状交错。

2) 河流沉积

河流沉积是一种比较复杂的沉积物，它既包括以砂、砾等粗碎屑物为主的河床沉积，也包括粗、细粒兼有的河漫滩沉积，还包括以粉砂、粘土为主的洪积平原沉积。目前识别河流沉积的主要依据也还只是物理特征。

河流沉积最常见的沉积构造是：波状交错层理和线理、水流波痕、槽状交错层理和水流线理、波状交错层理（见本专辑 52 页的图 6）。在河床沉积中，底部往往是大型的沙波或槽状交错层理，往上是小型弧状交错层理，再往上则是波状交错层理。从下往上规模逐渐变小，而且，在一些冲刷面之间反复出现（见本专辑 51 页的图 5）。

河砂颗粒的表面一般倾向于光滑，没有挫伤或刻蚀的痕迹。河床中沉积的卵石往往呈等轴状或棒状。碎屑颗粒长轴排列的方向平行于水流方向。

在矿物特征方面，河流沉积物中不出现海绿石，绿泥石、菱铁矿和磁铁矿也不常见。伊利石少，高岭石多是河成砂岩和海成砂岩的重要区别。

目前，在研究河流沉积作用和河流沉积物的过程中，有许多人研究了河底砂体的形态（称底形）和沉积构造以及水动力之间的关系（见本专辑 48 页的图 1），根据这种关系可以解释沉积的水流条件。

3) 湖相岩石的识别

众所周知，许多矿产和湖相沉积有关，甚至有人，根据地球化学计算认为，燧石条带状铁矿石是湖相而不可能是海相成因的。研究湖相沉积物对于查明某些沉积矿产有着重要的意义。

目前,尽管还没有一种鉴定湖相沉积的独特标志,但是如果资料丰富的话,再造湖相环境还是比较有把握的。首先,根据层理、沉积构造、粒度、分选性和古水流型式等物理特征可把湖相沉积物和河流沉积物区分开。然后,再根据古生物、矿物、地球化学和区域地层等资料区分湖相沉积物和海相沉积物。本专辑99页的表12列出了湖相和河流相及海相沉积物在这些特征上的差别。

4) 三角洲

三角洲沉积的含矿性近年来普遍受到了重视。值得提出的是,世界上许多大油气盆地和大的油气田往往与三角洲沉积有关。例如,科威特的布尔干油田(储量约100亿吨),其主要产油层布尔干砂岩就是三角洲相沉积,加拿大的阿彻巴斯卡,沥青砂(面积约26000平方公里,估计储量约700—1000亿吨),也是属于三角洲沉积。世界大型的砂岩铜矿,如赞比亚-扎伊尔铜矿带、苏联的乌多坎和杰兹卡兹甘(二者占苏联铜储量的27%)均与泻湖-三角洲有关。南非的维特瓦特斯兰德、加拿大休伦湖北岸的埃利奥特湖和阿格纽湖等这些著名的金铀砾岩都产于三角洲沉积之中。如此重要的经济意义,促使人们把三角洲作为一个重要的课题来进行研究。

现代三角洲由于有独特的地貌特征和地理位置很容易识别,但要识别古老的三角洲沉积却比较困难。

一般认为,三角洲由顶积层、前积层、底积层所构成。顶积层主要由沼泽沉积和三角洲前缘的砂和粉砂组成,也出现河道沉积,天然堤和决口沉积,在分流和潮沟间的海湾中沉积有含介壳的泥质沉积物。顶积层的特征是沉积物复杂而不均一。前积层由前三角洲的粉砂质粘土和主三角洲支流外面的粗砂、粉砂和粘土所组成。底积层则主要是岸外粘土。G.S. 维谢尔认为,根据这种垂直层序,古代沉积中的三角洲沉积是可以识别的(图4)。

下三角洲平原	粒度	分选	岩性	沉积构造	几何形态
沼泽	极细	差	粉砂-粘土	纹层、根管、潜穴、植物残体	
湾和湾前	细	差-良	粉砂-粘土(砂)	均质的、加工的植物残体、牡蛎	
潮浦和潮谷	细-中	良-好	砂-粉砂-粘土	纹层、薄层、顺道	
支流	中	良	很细砂-粉砂	上升被纹、流动被纹	
纹层	中	良	很细砂-粉砂	水平层、纹层	
槽状交错层	中	良	细砂	槽状或板状交错层	
底负载	粗-中	好	泥块-砂砾	平行层理、块状	
海族	中	很好	细-中砂	平行层理、流痕和冲痕	
三角洲边缘	中	很好	细砂	平行层理、波状层理	
前三角洲	中	很好	粉砂-粘土	序粒层理、滑动和流动构造	
远前三角洲	很细	差	粘土	纹层、潜穴(?)	

图4 三角洲模式的物理特征

三角洲发育的主要因素是沉积区不断下沉和河流不断供应大量的沉积物(表9)。因此根据河流就可以追寻三角洲,尤其是古河流往往为现代河流所继承,所以,根据现代三角洲可以预测古三角洲。例如流入墨西哥湾的密西西比河,其现代沉积物都落在上新世的三角洲上,而后者又产在直到白垩纪地层为止的更古老的冲积层上。

表 9 代表性三角洲的年水量、年沉积物卸载量和年生长速度

三 角 洲	水 下 面 积 10 ³ 平方公里	平 均 水 倾 卸 量 13 ³ 立方米/秒	年沉积物卸载量 10 ⁶ 吨	年 生 长 速 度 米
湄南河 (泰国)	25	1	5	—
多瑙河	4	6	91	—
恒河—布拉马普特拉河	91	39	635	—
黄河与北部黄河平原(中国)	127	4	2	268
伊洛瓦底江	31	28	272	46—61
勒拿河	28	9	—	—
湄公河	52	11	—	61
密西西比河	29	17	469	91
尼日尔河	19	6	23	—
尼罗河	16	3	54	—
奥里诺科河(委内瑞拉)	57	17	—	—
波河 (意大利)	14	1	61	26—61
红河	8	2	118	—
莱茵河	22	2	—	—
罗纳河 (法国)	3	2	41	—
格兰德河	8	0.1	17	—
乌拉尔河	9	—	—	—
伏尔加河	11	—	—	—
长江和南部黄河平原(中国)	124	22	554	23

砂岩在三角洲中往往成透镜状和串珠状,这种透镜体和串珠体往往厚几十米,延伸数十公里。它既是三角洲中石油重要的储集场所,也是识别三角洲的重要标志。

5) 海洋环境的识别

海相沉积在地层中分布比较广泛,人们研究的也比较多。近一、二十年来,由于海洋地质的开展,仪器设备的改进,对海相沉积物的认识发生了深刻的变化。例如,碳酸盐岩,特别是灰岩,过去认为是典型的浅海化学沉积产物,现在发现,大量的碳酸盐既沉积在潮上、潮间等边缘环境中,同时也沉积在深海中,而且往往是由生物沉积造成的。再如,海相砾岩和波痕从前是作为识别海岸线的标志,但是现在必须慎重对待,因为即使在深海中,浊流也能形成砾岩和波痕。

(1) 海岸带的区别 海岸带又称潮汐带,通常指最低潮线和最高潮线之间的区域。在潮汐带中,有人又分潮上环境和潮间环境。

海岸带沉积物比较复杂,变化也比较大。最常见到的是海岸砂,其分选性、磨圆度