

第二十章 三角洲相

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

第二节 三角洲沉积特征

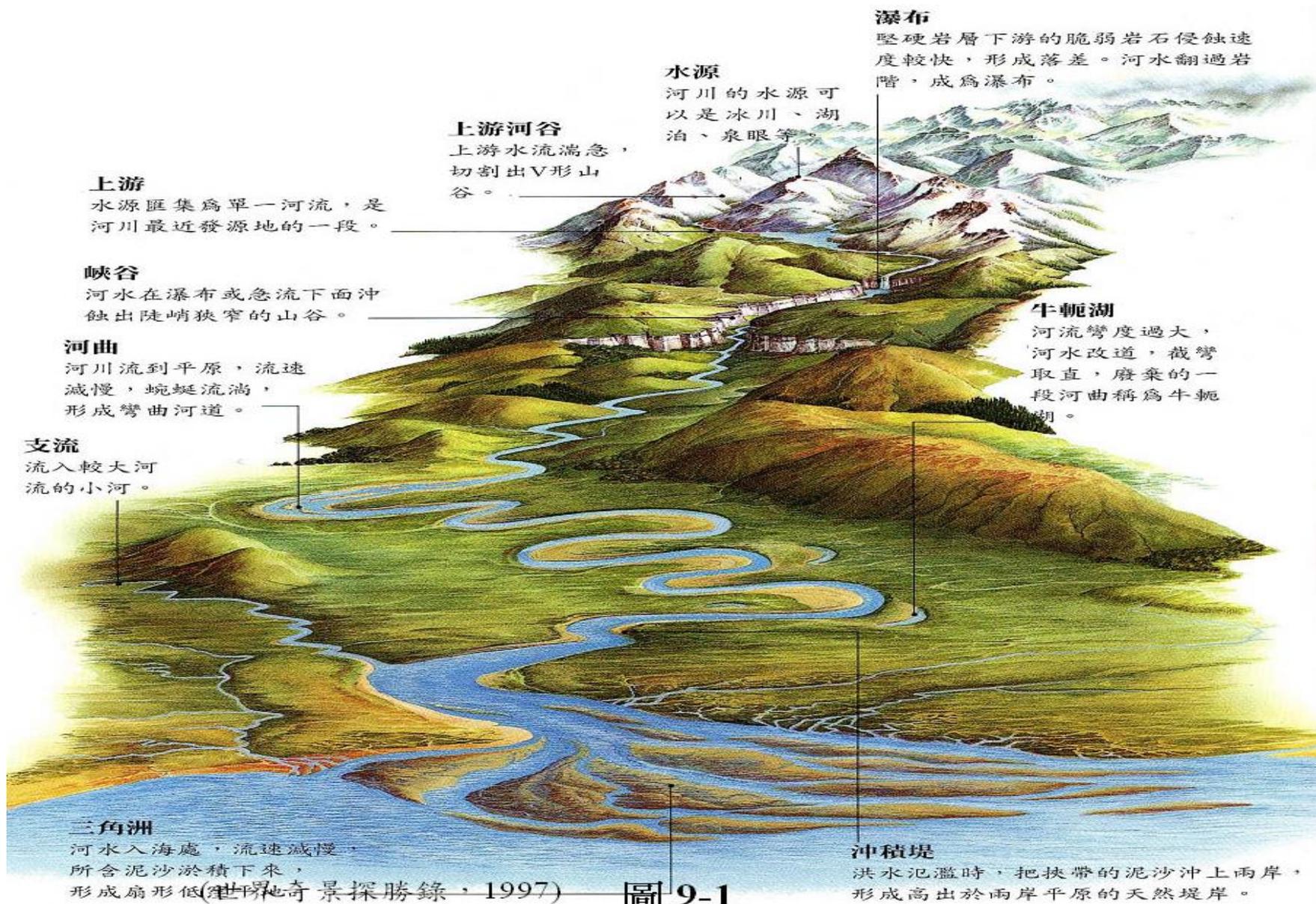
第三节 扇三角洲

第四节 辫状河三角洲

第五节 古代三角洲沉积鉴别标志

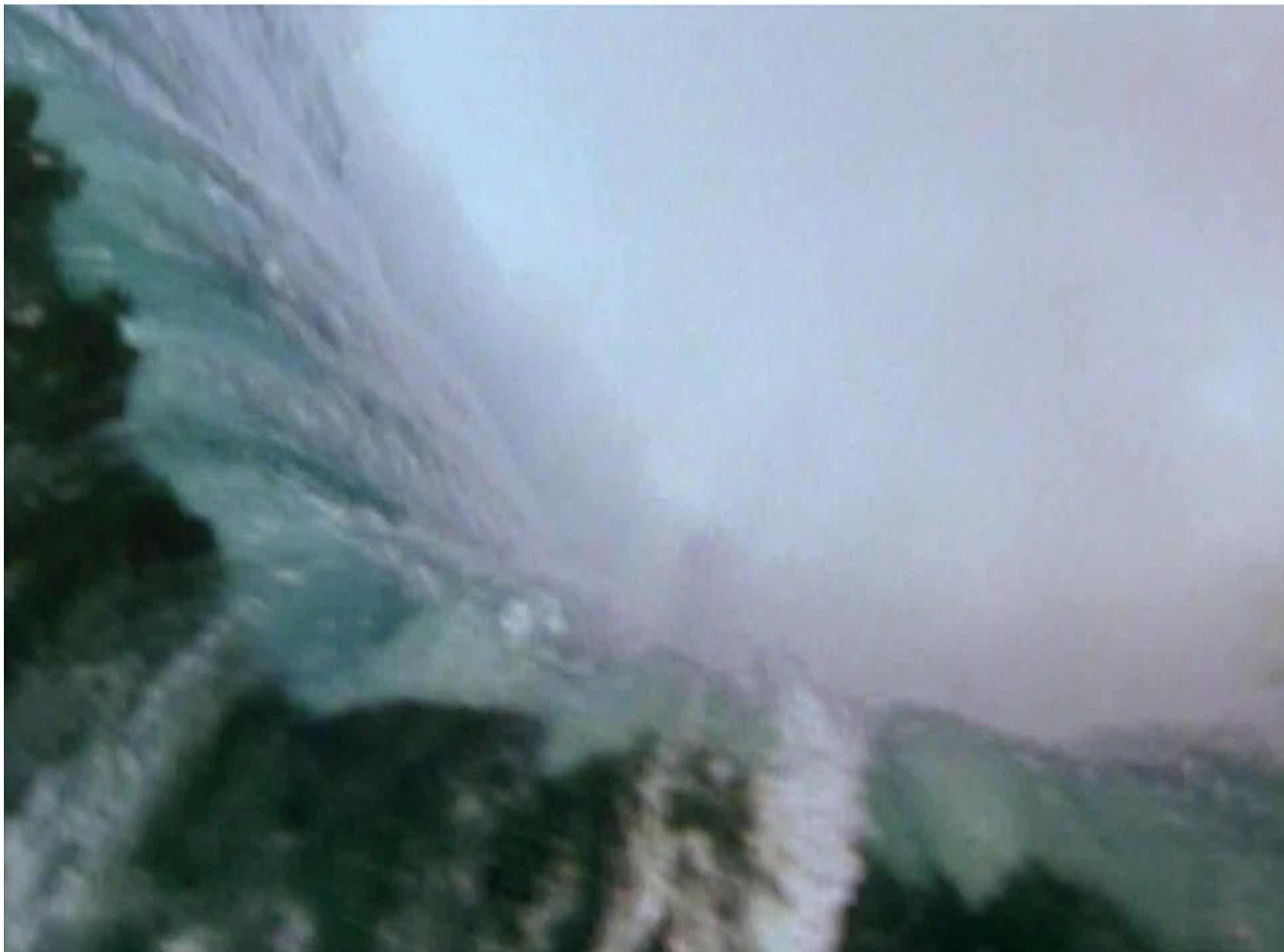
第六节 三角洲与油气的关系

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用



(世界地奇景探勝錄，1997) 圖 9-1

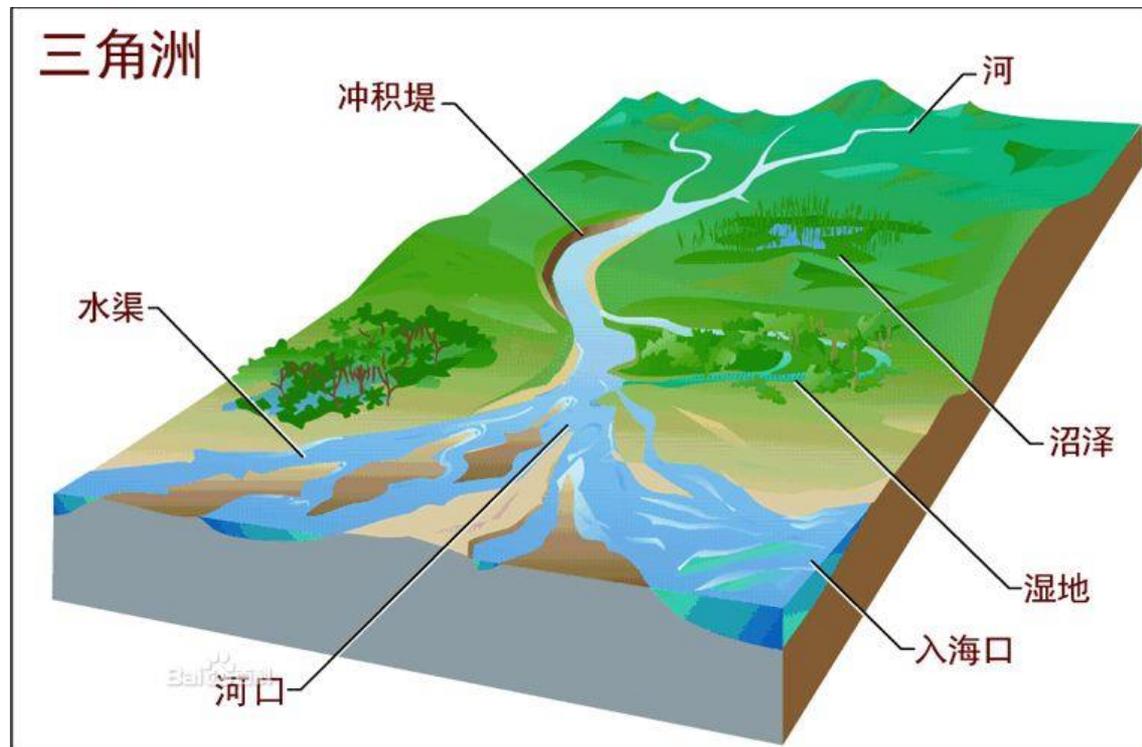
第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用



第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

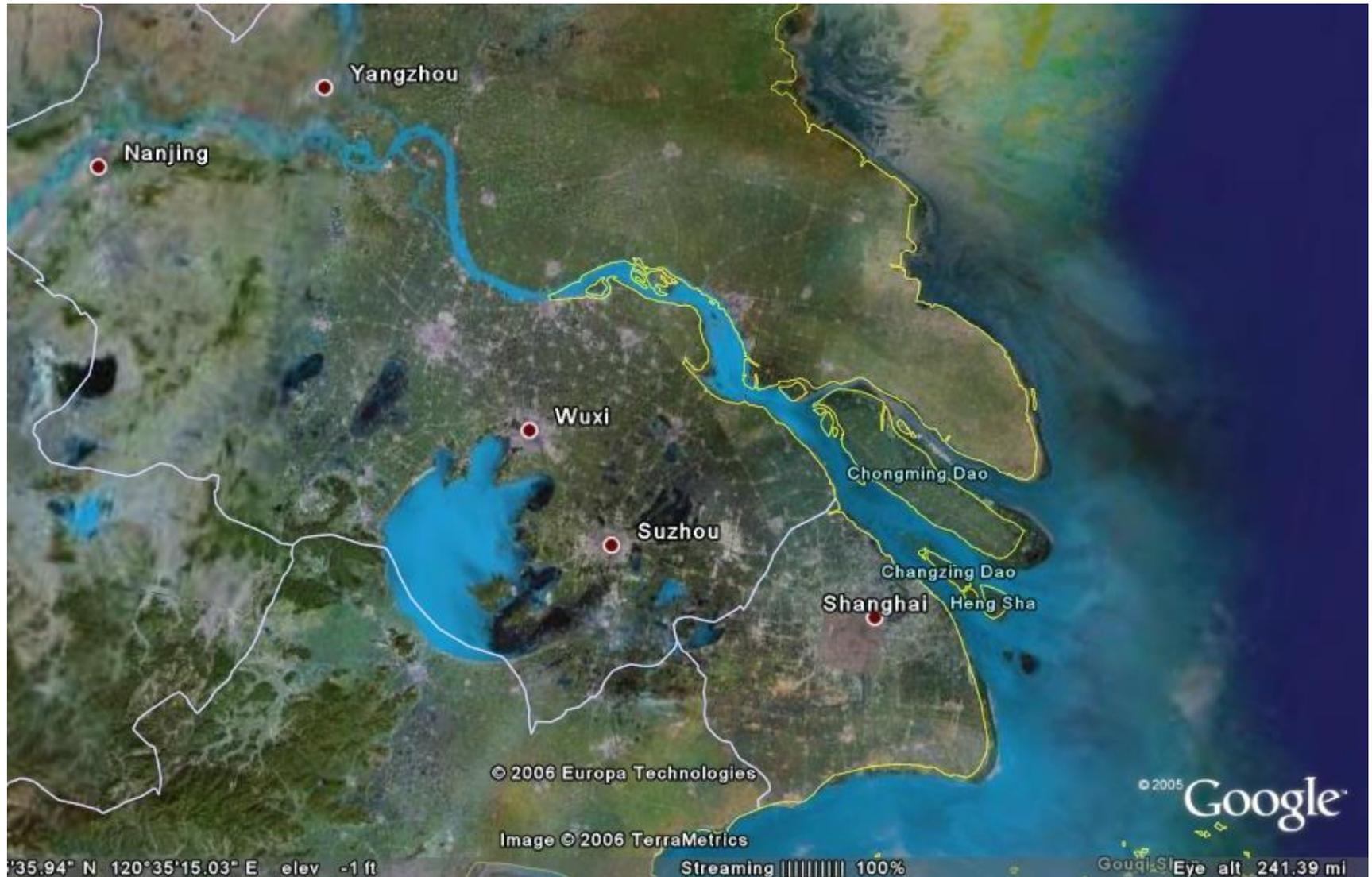
一、三角洲的发育过程

三角洲的定义：三角洲是河流在一个稳定的水体中或紧靠水体处形成的、部分露出水面的一种沉积物(巴雷尔, 1912)



- (1) 含油气盆地中最重要的沉积体系之一
- (2) 密西西比河三角洲研究的经典之作 (1921--1944)

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用



长江三角洲：每年平均增长速度为40m

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

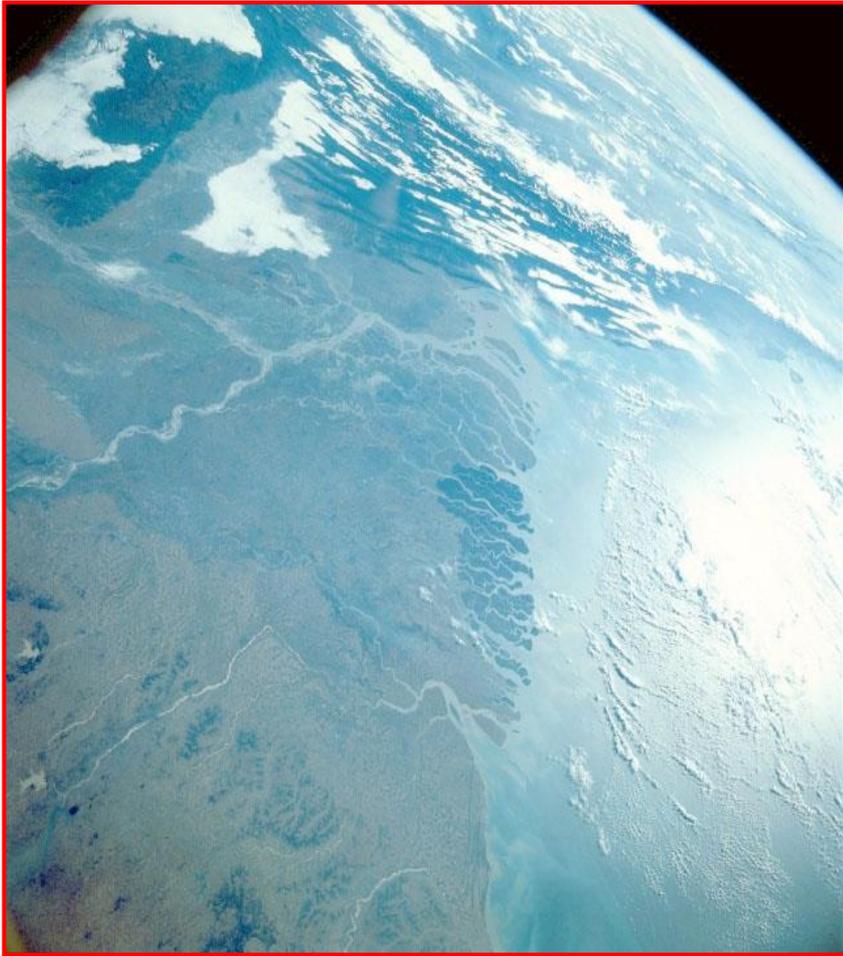


黄河三角洲:每年平均增长速度为300-400m

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

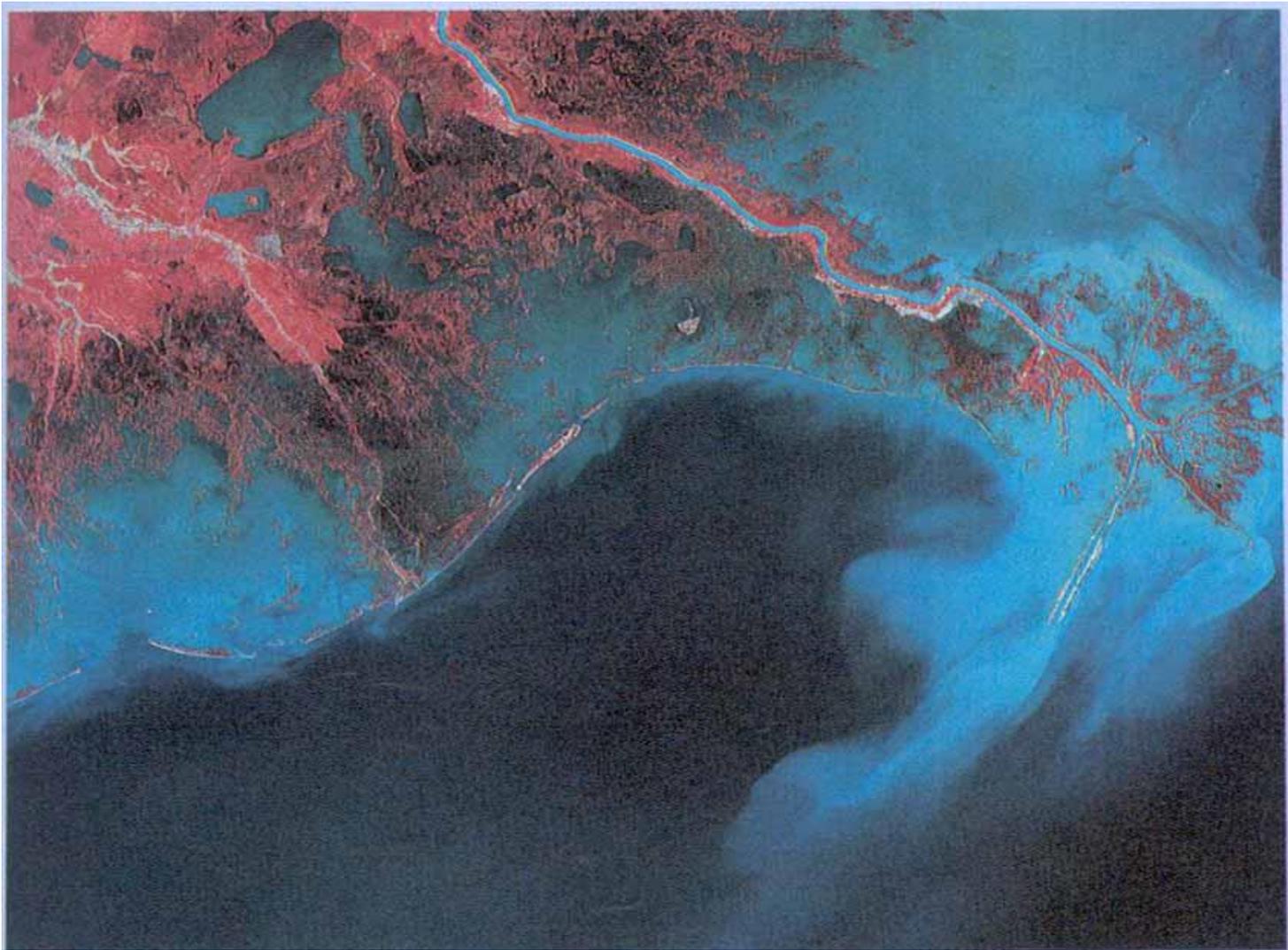


第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用



世界最大的三角洲是印度恒河三角洲:宽320km, 长500km, 面积7万多平方公里。分属孟加拉国和印度。下游分流水道有8条。河口部分有大片红树林和沼泽地。

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

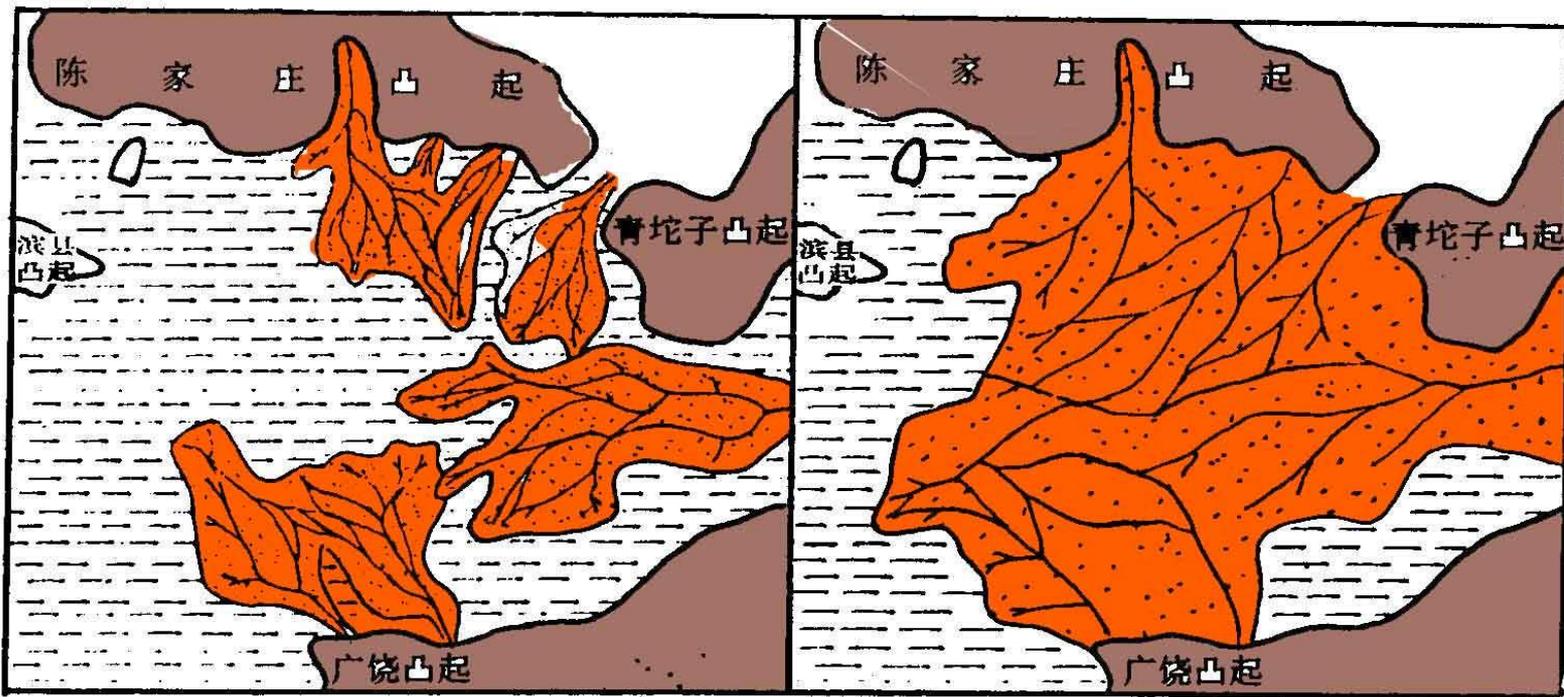


密西西比河三角洲：强建设型鸟足状三角洲，每百年向墨西哥湾推进10km左右。

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

◆ 三角洲是含油气盆地中最重要的沉积体系之一

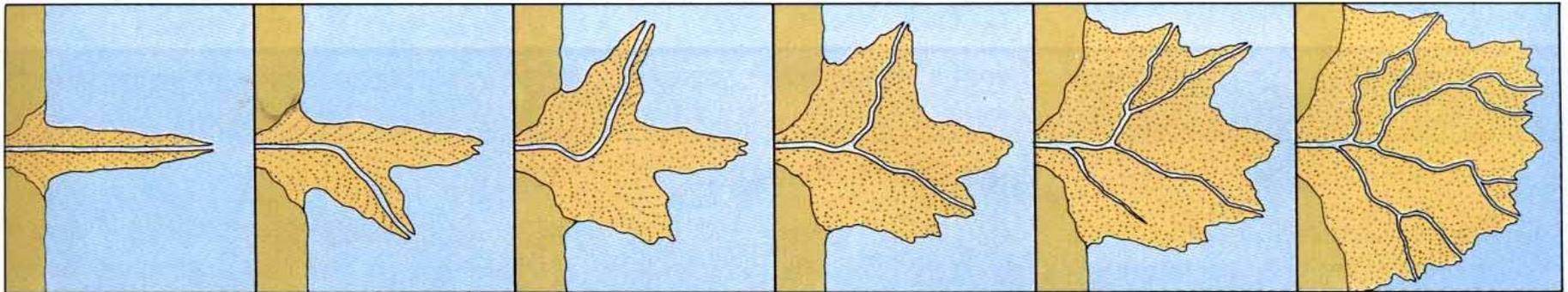
- 科威特布尔干油田为世界上第二特大油田，其可采储量为94亿吨。
- 委内瑞拉马拉开波盆地玻利瓦尔沿岸油田，为世界第三特大油田，它们的主要产油层均属三角洲沉积。
- 我国大庆长垣三角洲、东营三角洲等。



第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

二、三角洲的发育过程

三角洲的形成发育过程实质上是**分流河道不断分叉**和**向海方向不断推进**的过程。在河流入海（湖）的河口附近，由于海底坡度减缓，水流分散，流速突然降低，大量底负载物质便堆积下来；形成河口砂坝或分流河口砂坝。



B.

FIGURE 10.19

A. Structure of a simple delta that forms in the relatively quiet waters of a lake. **B.** Growth of a simple delta. As a stream extends its channel, the reduced gradient causes it to find a shorter route to its base level. (After Ward's Natural Science Establishment, Inc., Rochester, N.Y.)

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

➤ (1) 河口沙坝和河道分岔的形成

水下浅滩

→ 河口沙坝

→ 水流分岔

→ 分流河道

→ 次级河口沙坝

→ 三角洲雏形

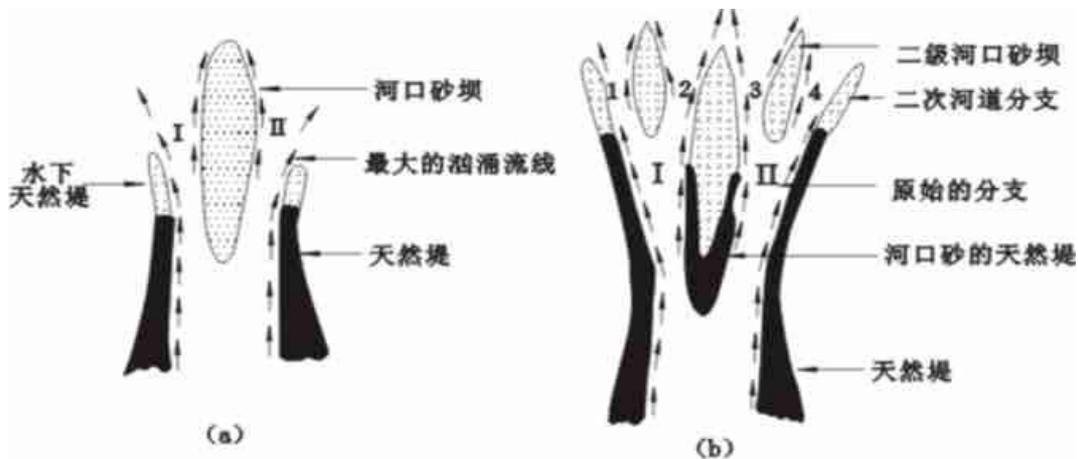
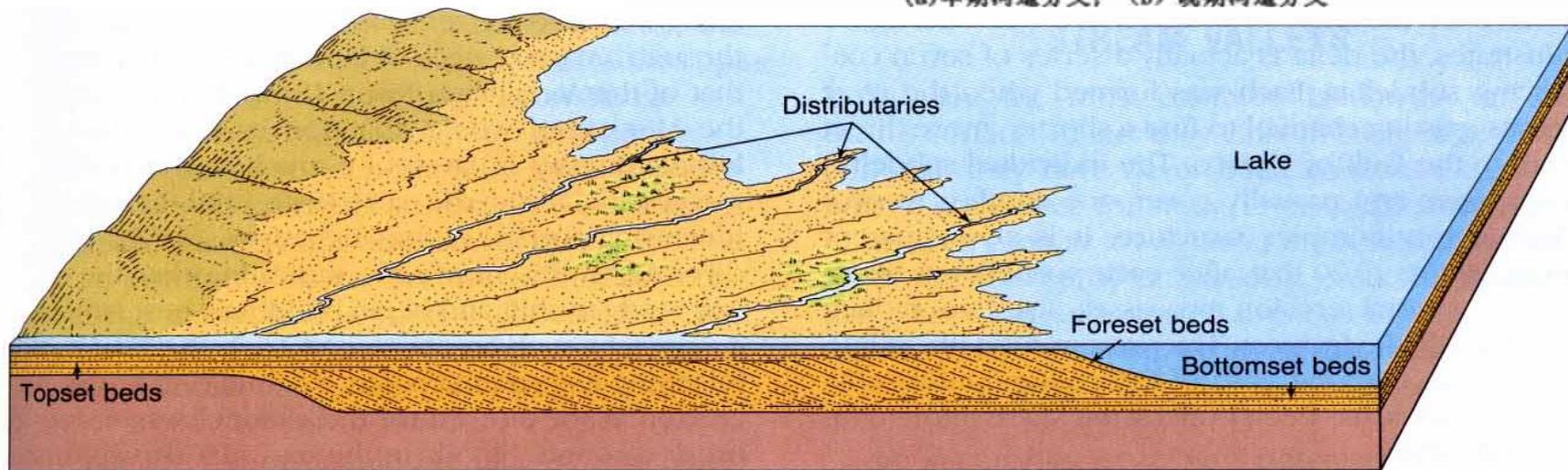


图2 河口沙坝和分支河道的发育过程
(据拉塞尔, 1967)

(a) 早期河道分叉; (b) 晚期河道分叉

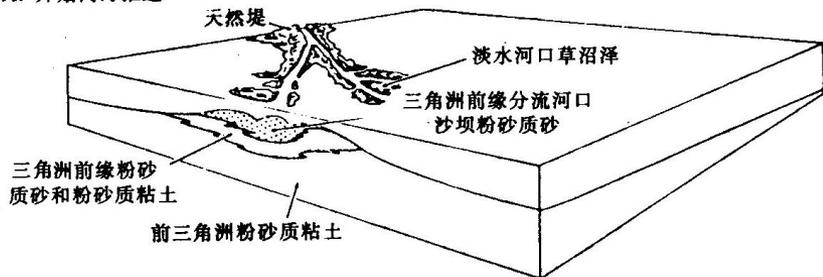


第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

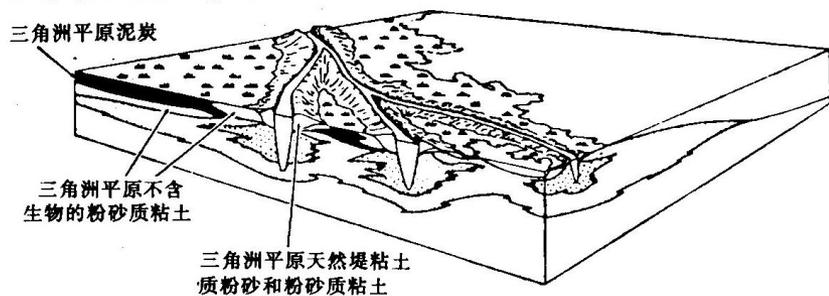
(2) 决口扇的形成和三角洲的延伸

- ▶ 洪流冲决天然堤，沉积物淤积而呈决口扇滩，三角洲扩大。
- ▶ 河水冲决天然堤，取道新河床入湖（海），旧三角洲废弃，新的发育。
- ▶ 3、三角洲废弃和发育相互转化，交替出现，形成三角洲复合体。
- ▶ 密西西比河三角洲平原由7个三角洲叶体连接叠合而成。
- ▶ 黄河河口现代三角洲由9期亚三角洲依次叠置而成。

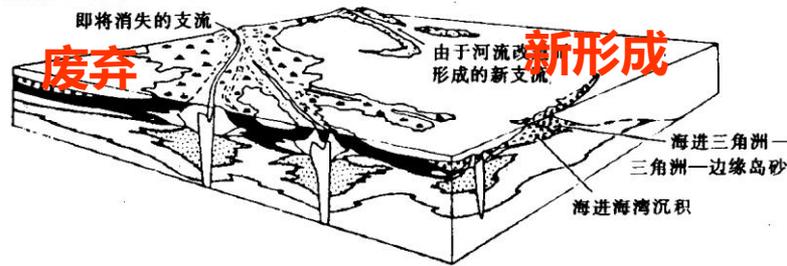
A. 开始向海推进



B. 进一步向海推进三角洲不断扩大



C. 分流废弃和海进



D. 旋回的重复

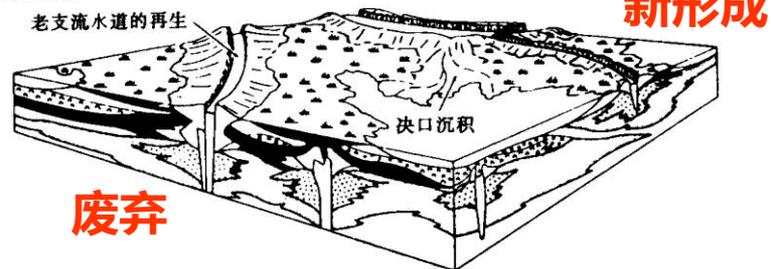


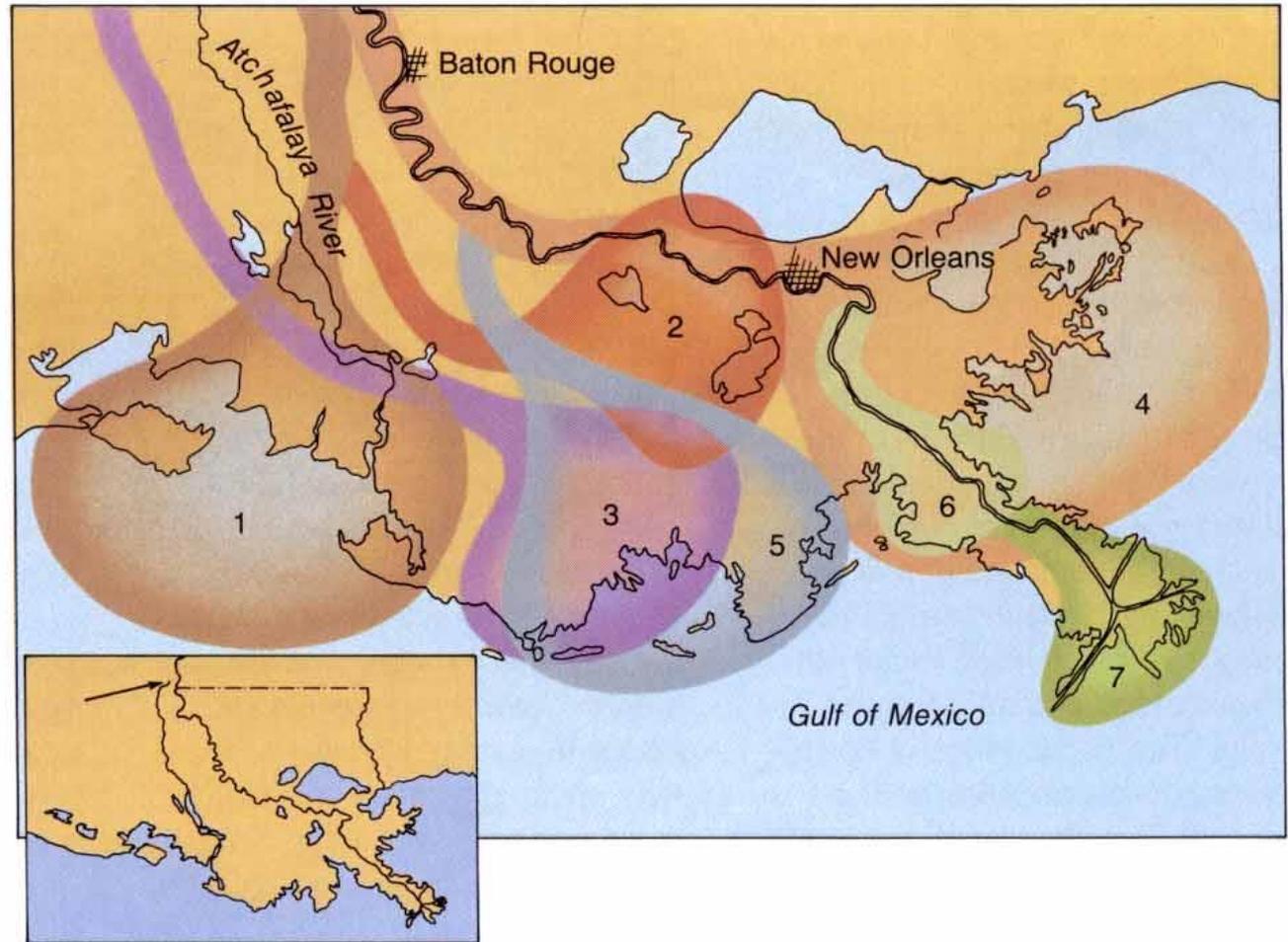
图 8-29 三角洲旋回发育的不同阶段示意图

(据 Scott 和 Fisher, 1969)

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

FIGURE 10.20

During the past 5000–6000 years, the Mississippi River has built a series of seven coalescing subdeltas. The numbers indicate the order in which the subdeltas were deposited. The present bird-foot delta (number 7) represents the activity of the past 500 years. Without ongoing human efforts, the present course will shift and follow the path of the Atchafalaya River. The inset shows the point where the Mississippi may someday break through (arrow) and the shorter path it would take to the Gulf of Mexico. (After C. R. Kolb and J. R. Van Lopik)



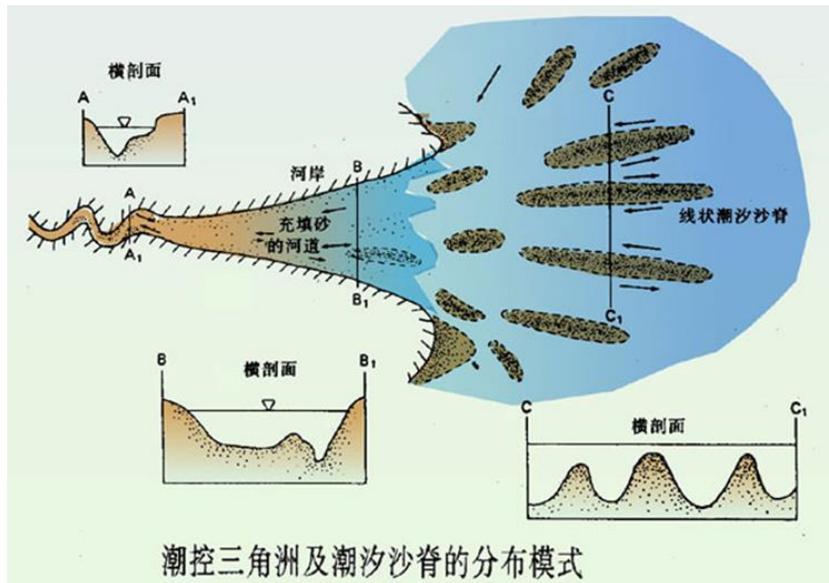
密西西比河三角洲5000—6000年以来的发育过程；由7个三角洲叶体连接叠合而成。

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

三、三角洲形成的控制因素

三角洲是在河流与海洋的汇合地区，在河流作用与海洋（或湖泊）作用共同影响和相互斗争过程中所形成的沉积物堆积体系。在平面上呈三角洲形状。

这个体系受河流、海洋共同作用，可以从陆上一直延续到水下，所以它们属于大陆与海洋之间的过渡环境和过渡类型的沉积体。三角洲环境包括陆上和水下两部分沉积区。



三角洲的增长和向海的推进可以较快，例如长江每年平均增长速度为40m，黄河则为300~400m。

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

二、三角洲形成的控制因素：

三角洲的形成受多种因素的控制，归纳起来，主要有以下几方面：

1、河流的作用：河流的流量和输砂量是形成三角洲的物质基础。流量和输砂量越大，最大流量和最小流量的比值越高，越有利于泥砂在河口的堆积，即有利于三角洲的形成。

2、蓄水体（海、湖水体）的密度与河水密度的差异：河水密度小于或等于蓄水体的密度，有利于三角洲的形成。

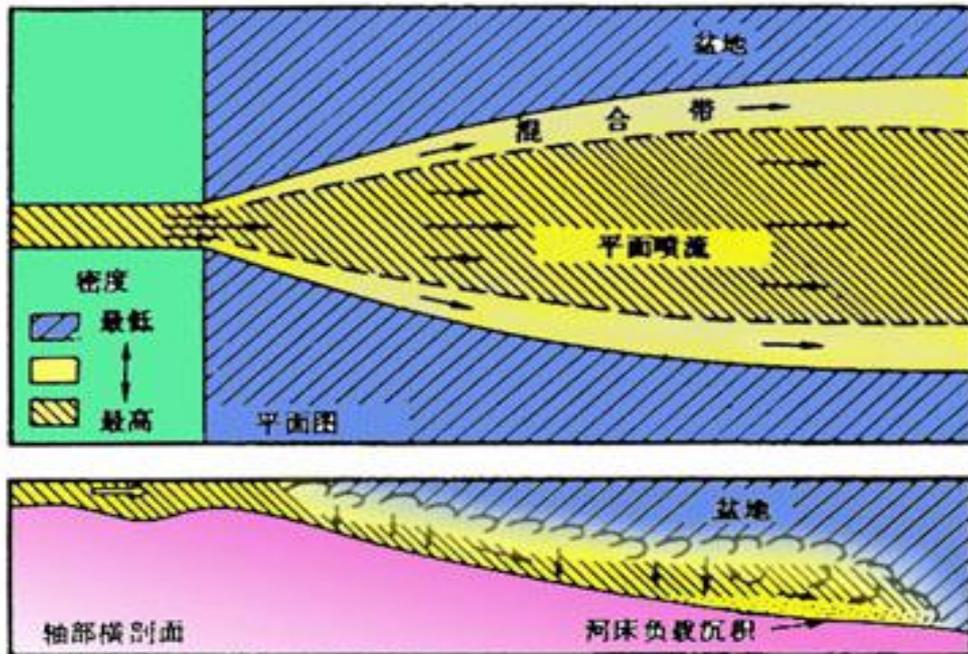
第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

➤ 根据蓄水体密度与河水密度的差异，三种水流扩散方式

➤ (1) 河水密度 > 蓄水体密度

➤ 高密度流动

➤ 沿底部呈平面喷流形式，浊流。如大陆坡海底峡谷中的高密度浊流在深海底形成**海底扇**即属于此类型。



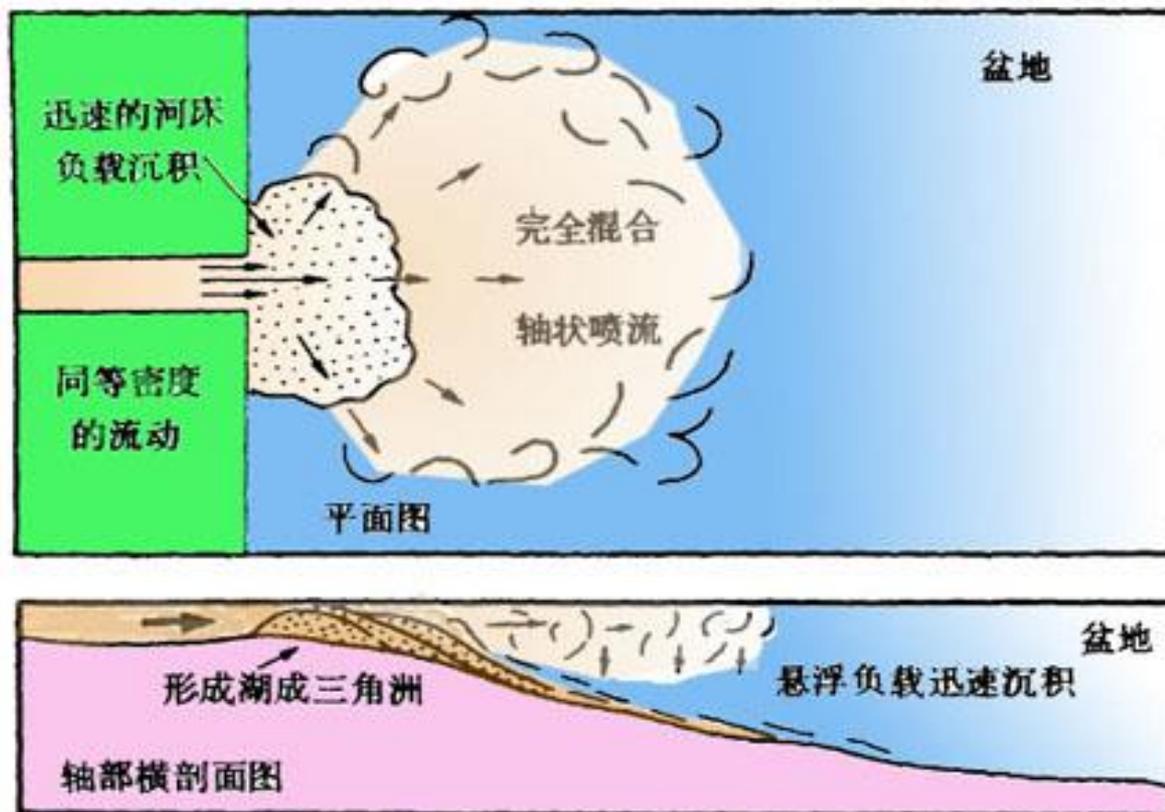
河水密度 > 蓄水体密度，属平面喷流，出现于浊流，形成海底三角洲

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

➤ (2) 河水密度 = 蓄水体密度

➤ 等密度流动

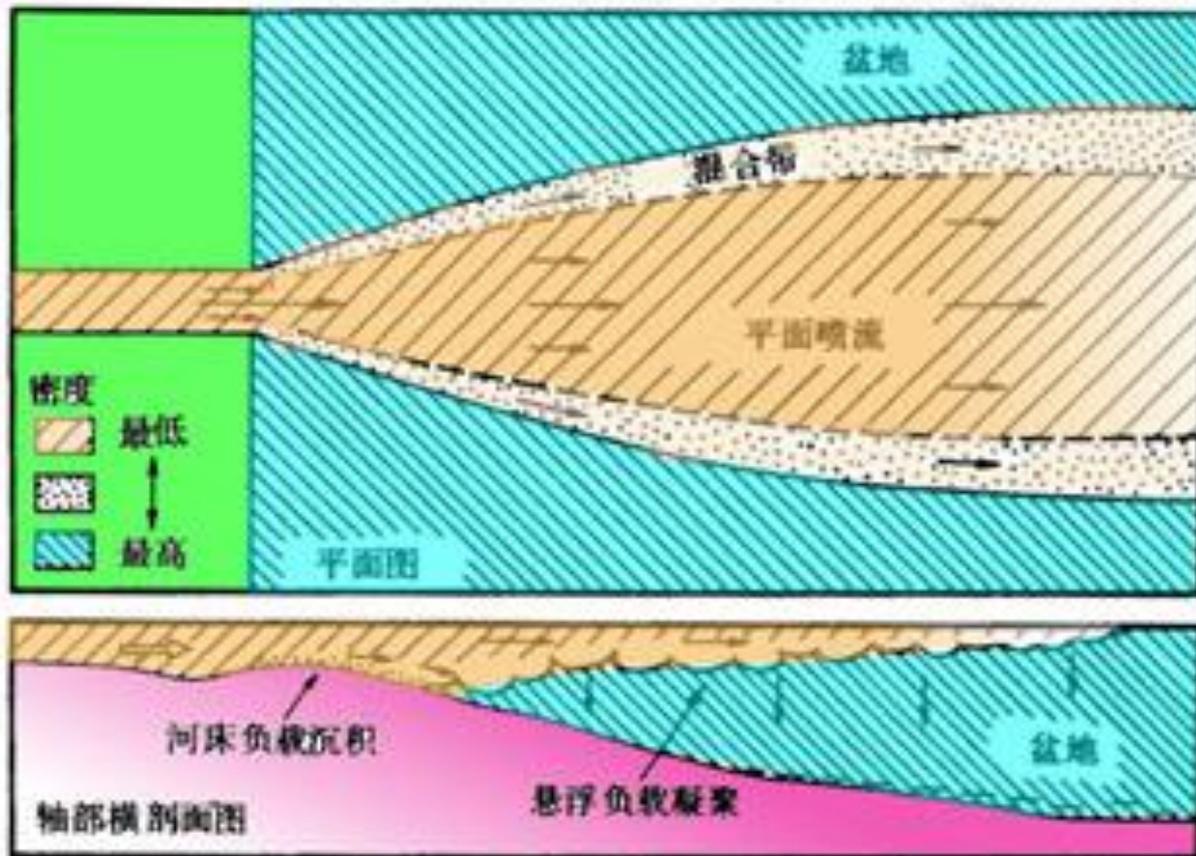
➤ 属轴状喷流，辐射状扩散。河流进入淡水湖泊，就会出现这种情况，从而形成湖泊三角洲。



河水密度 = 蓄水体密度属轴状喷流，形成湖泊三角洲

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

- (3) 河水密度 < 蓄水体密度
 - 低密度流动
 - 属严格的平面喷流类型，表面的面状流动。通常发生在河流入海处，形成以河流作用为主的海成三角洲。



河水密度 (蓄水体密度, 属平面喷流, 形成海成三角洲)

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

3、蓄水体的水动力作用：

波浪、潮汐、海流等；

强度弱，有利与三角洲形成。

4、河口区海底地形：

坡度缓，水体浅，有利于三角洲的形成和保存。

5、蓄水盆地的构造特征：

主要是蓄水盆地的稳定性和沉降速度；

稳定、沉降缓慢有利于三角洲的形成。

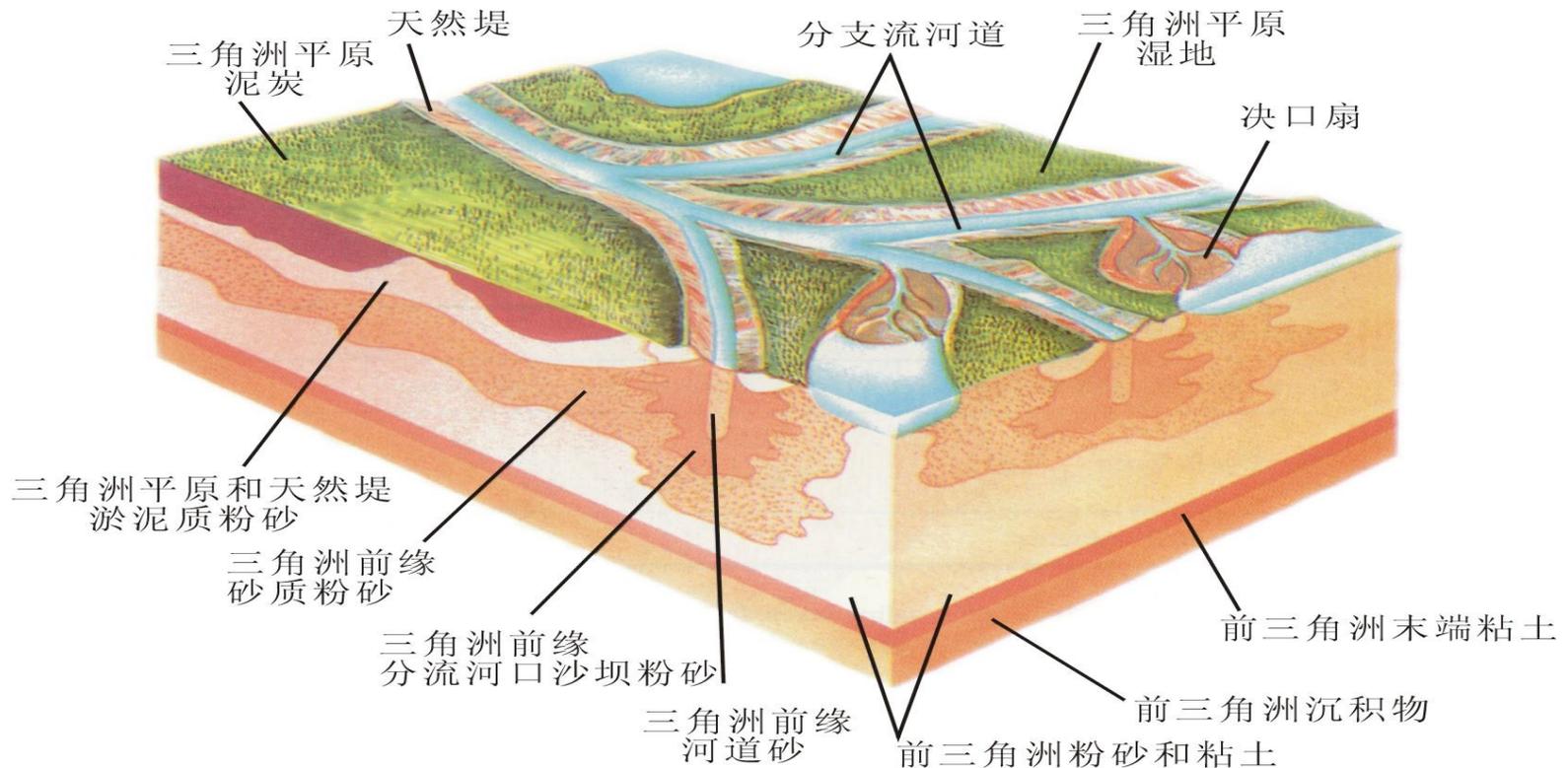
第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

三角洲形成的其他因素：

决口扇的作用（转移的突破口）。

天然堤的作用（保驾护航）。

经过一段时间以后，主河道也可以回到原来三角洲废弃的地区，产生新的三角洲，最后形成三角洲体系。

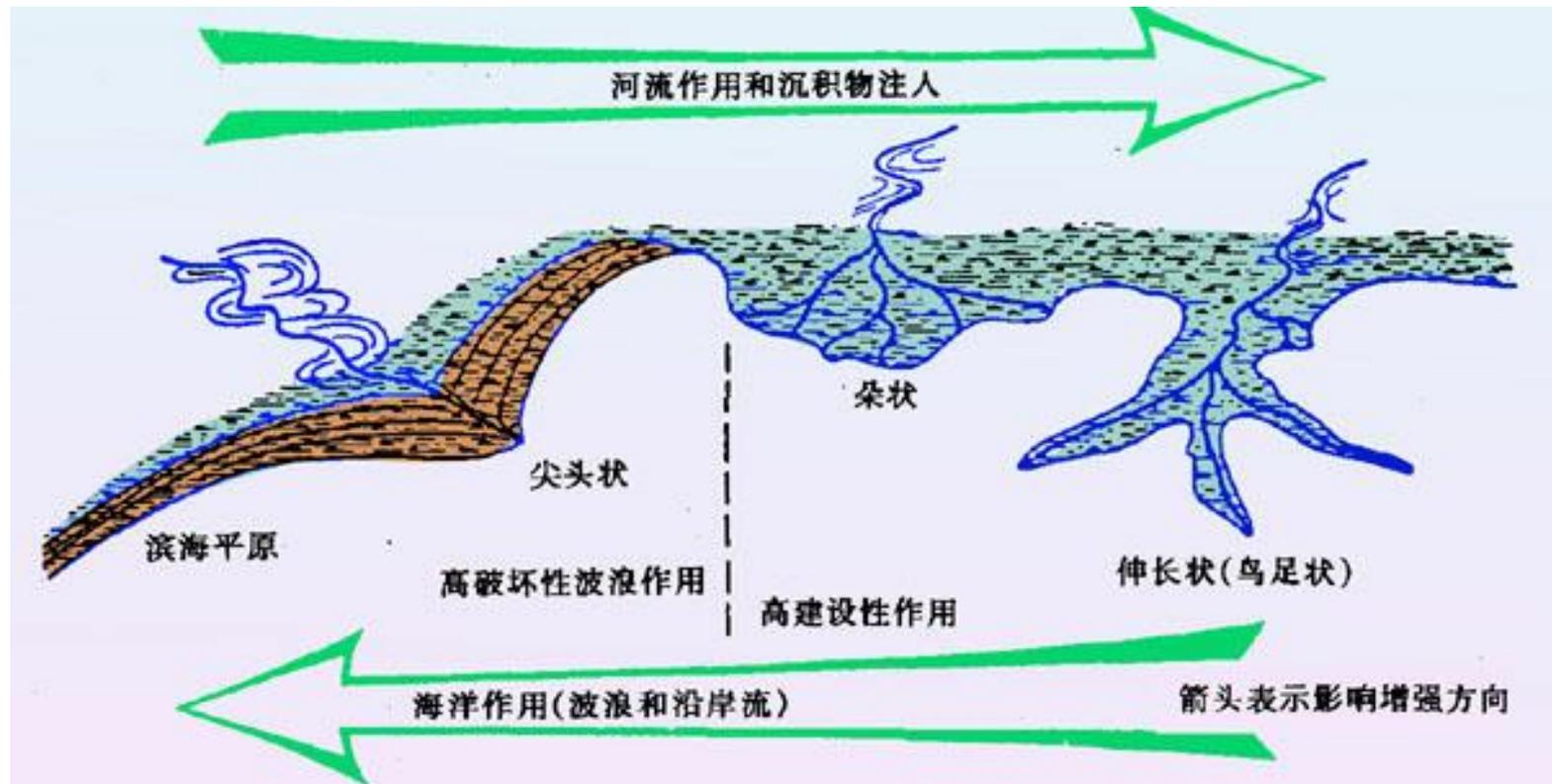


第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

四、三角洲主要类型

1、按河流和海洋作用的强弱程度：

破坏性三角洲（阶段） ← 建设性三角洲（阶段）



在河流作用与海洋作用(波浪及沿岸流)相互消长条件下三角洲形态的变化

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

河控三角洲

2、按河流、波浪、潮汐的相对强度分为：

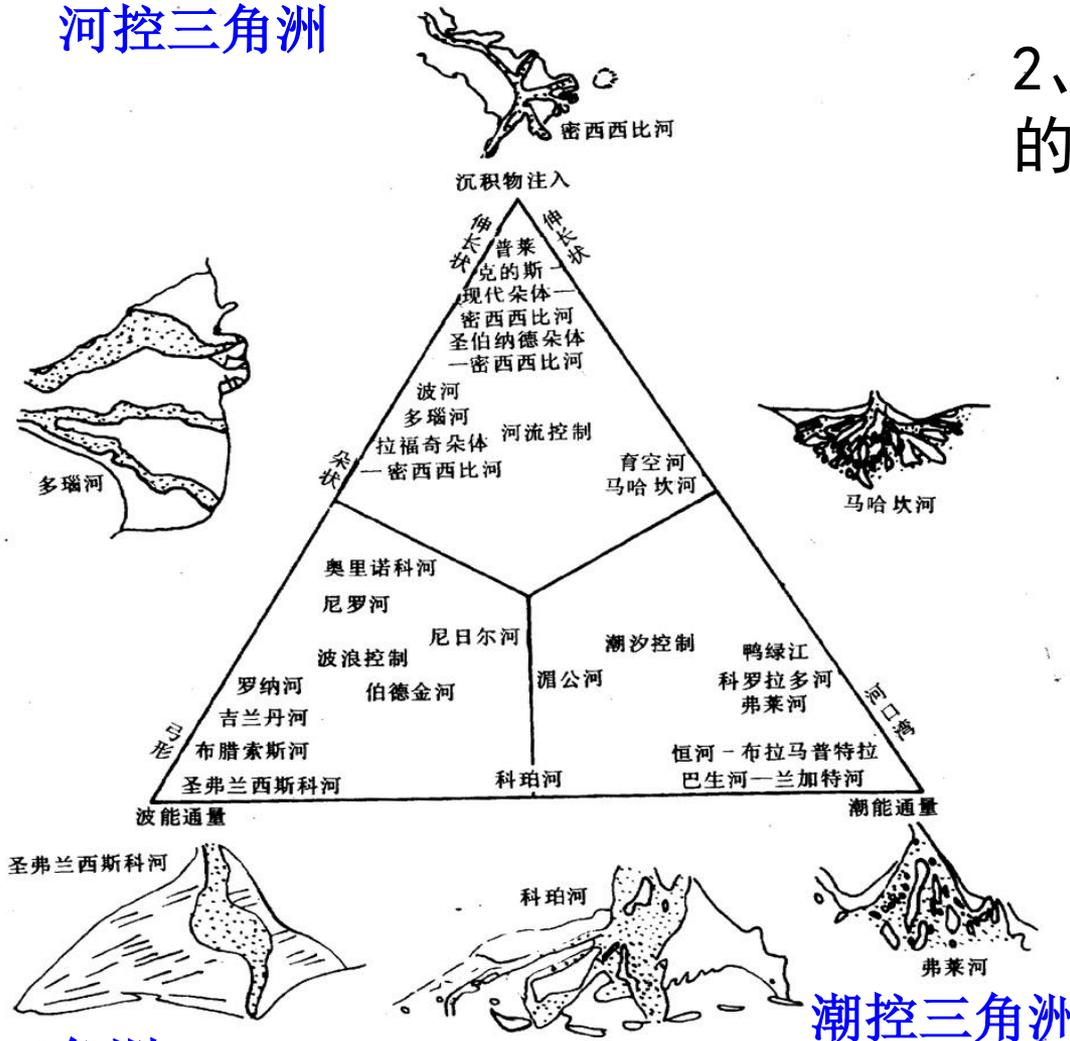
W.E.Galloway (1975)

➤ 河控三角洲

(鸟足状、朵状)

➤ 浪控三角洲

➤ 潮控三角洲



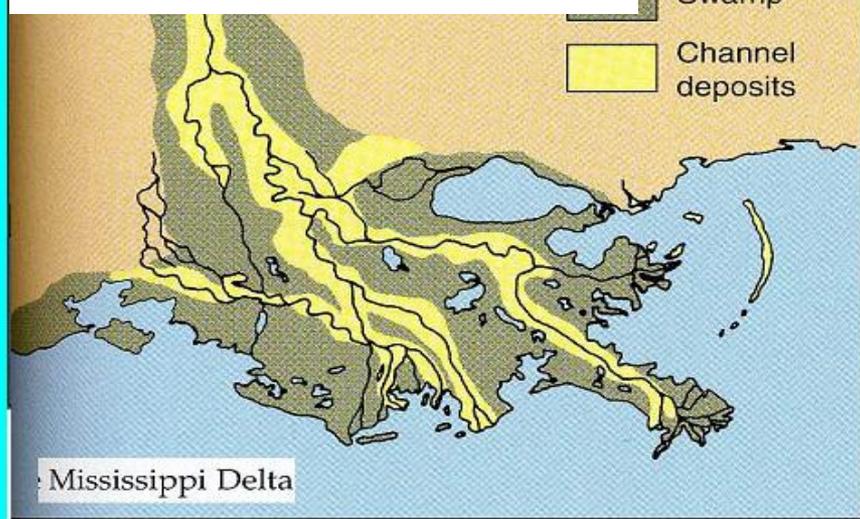
浪控三角洲

潮控三角洲

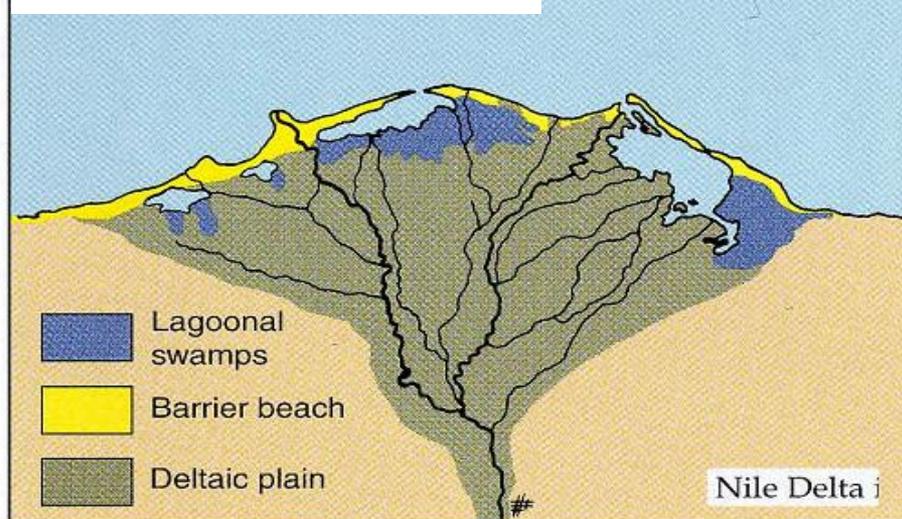
图 20-87 三角洲类型的三端元分类

(据盖洛韦, 1976)

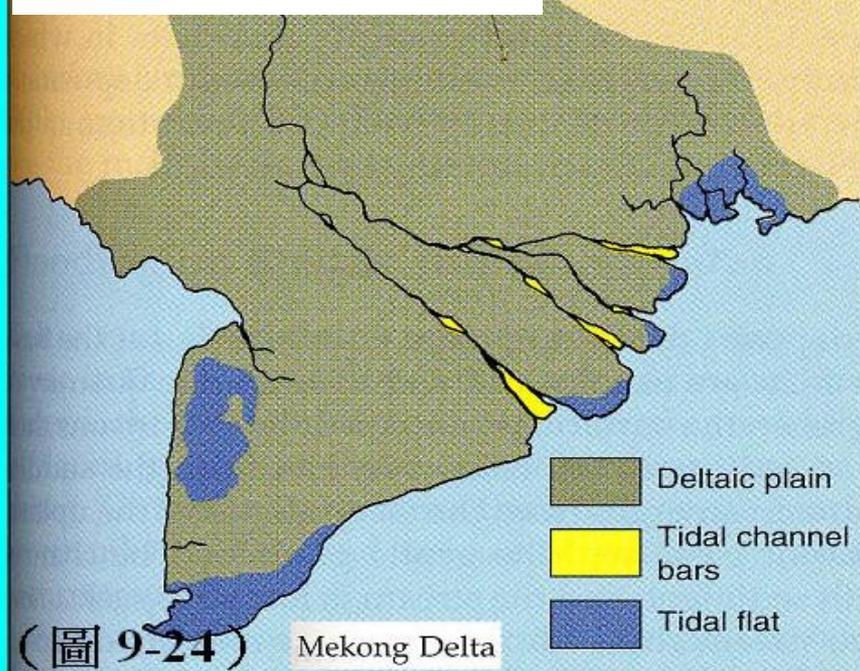
密西西比河三角洲（河控）



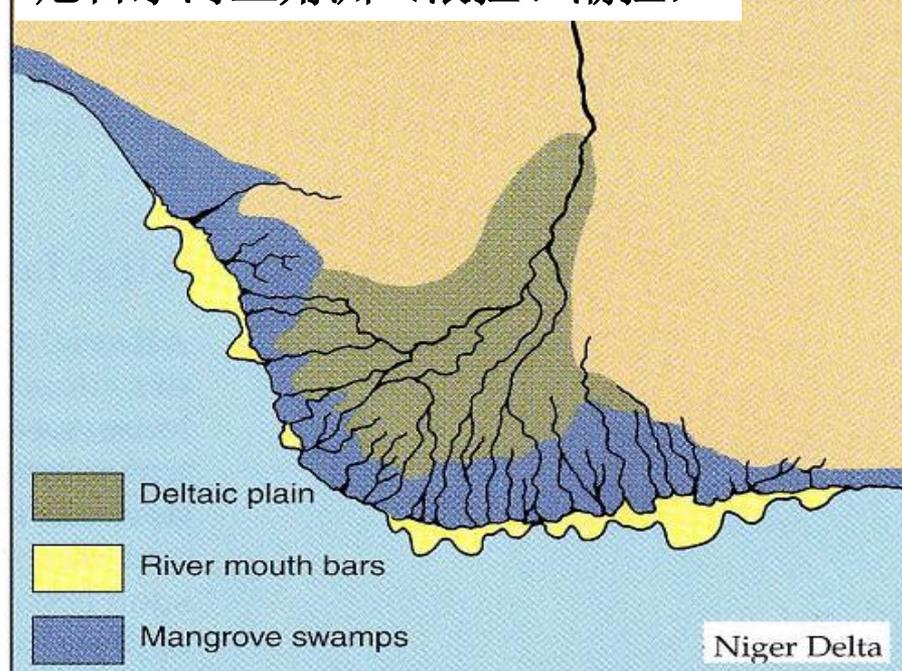
尼罗河三角洲（浪控）



湄公河三角洲（浪控）



尼日尔河三角洲（浪控、潮控）



(W. K. Hamblin & E. H. Christiansen, 1998)

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

2、按河流、波浪、潮汐的相对强度分为：

(1) 河控三角洲

河流输入泥砂量大，波浪、潮汐作用微弱，河流的建设作用远远超过波浪和潮汐的破坏作用的条件下形成的。

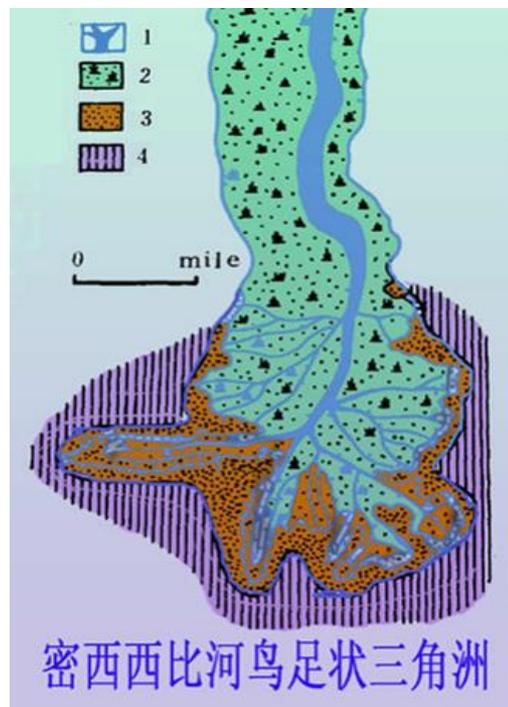
a. 鸟足状三角洲

又叫舌形或长形三角洲，是最典型的高建设性三角洲；

分流河道、河口坝指状延伸；

有广阔的三角洲平原和较发育的滨海沼泽。

如密西西比河三角洲。



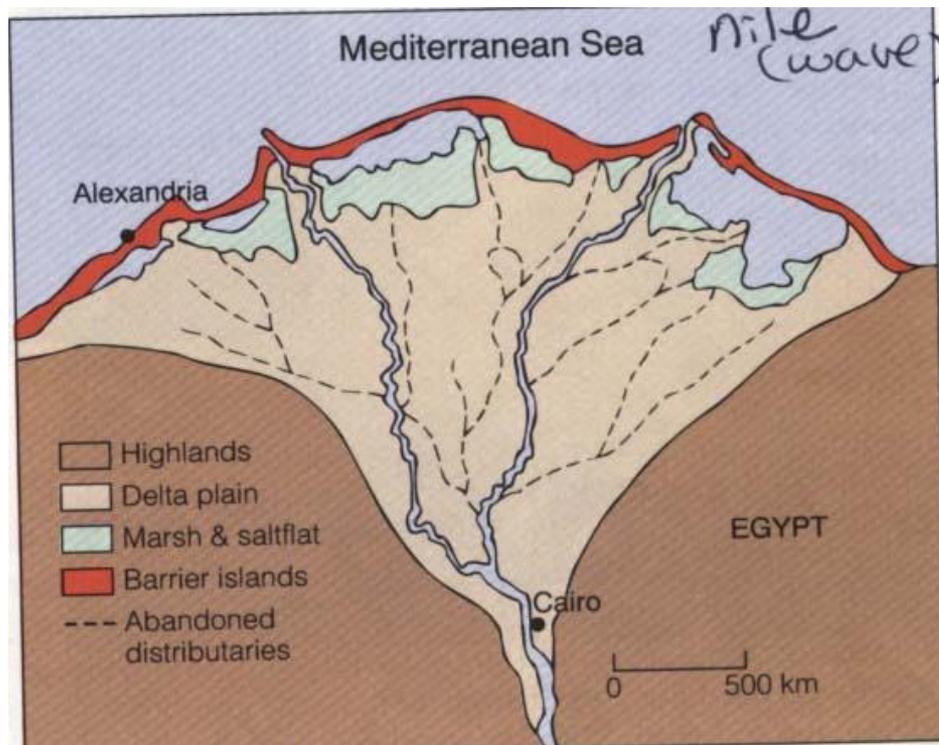
第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

b. 朵状三角洲

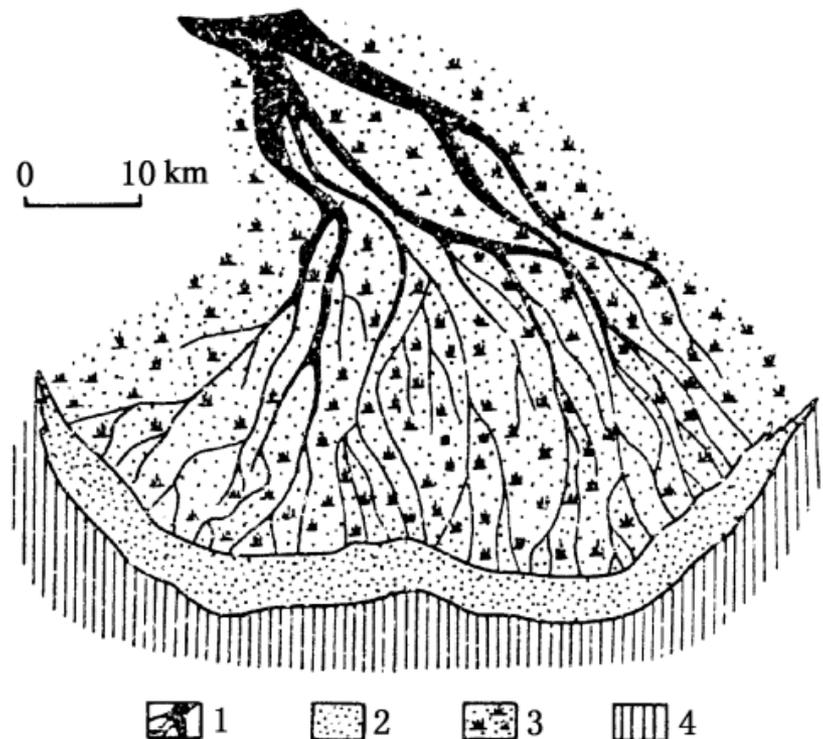
具有弧形海滩岸线，席状砂发育；

分支河道与岸线垂直；

如黄河、滦河、多瑙河、尼日尔河三角洲。



尼罗河三角洲



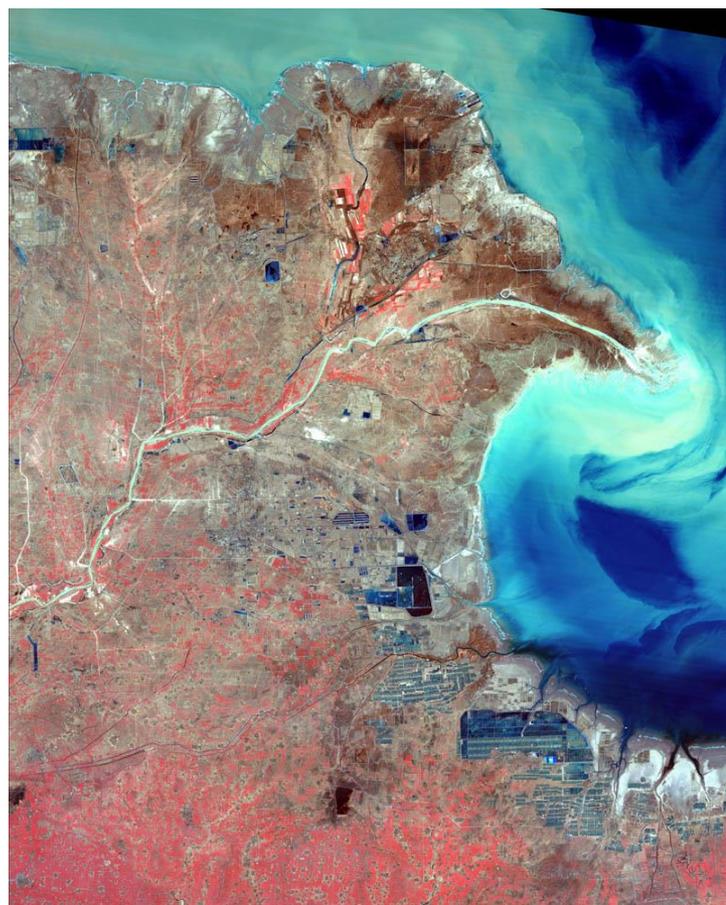
密西西比河全新世朵状三角洲

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

朵状三角洲：黄河是世界上输沙量最大的河流，平均每年海岸向前推进0.15km；黄河极高的含沙量、快速的淤积和频繁改道导致三角洲全面向海推进，从而形成朵状的三角洲。



1991. 01. 26



1995. 10. 04

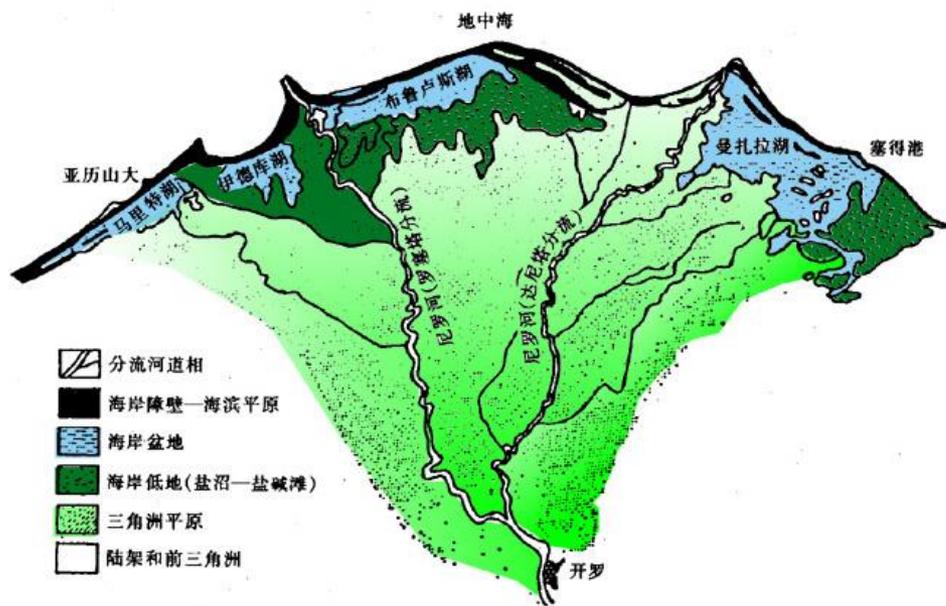
第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

(2) 浪控三角洲

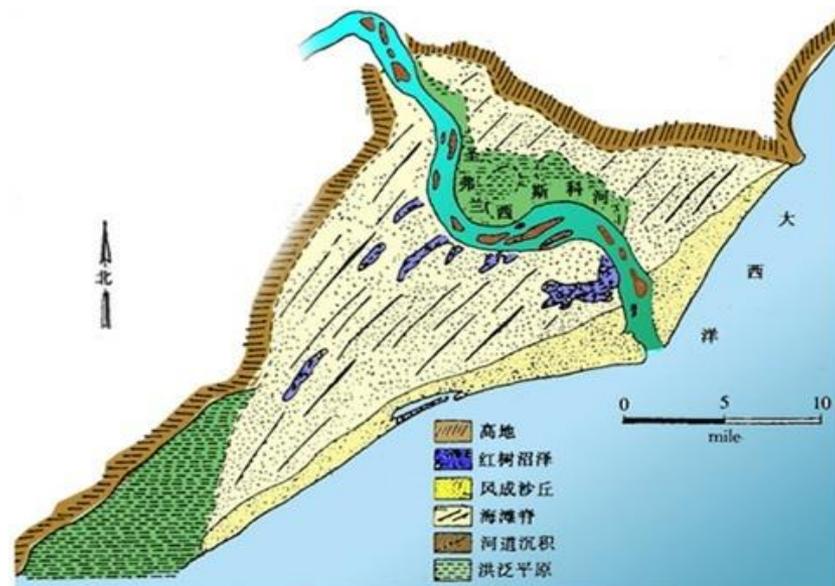
海洋的波浪作用大于河流的作用。

特征：鸟嘴状三角洲，海滩砂或障壁砂坝发育，分流河道不发育。河口两侧海滩、砂嘴、砂坝等砂体往往平行海岸线。

如：法国罗纳河、埃及尼罗河、意大利波河、巴西圣弗朗西斯科河三角洲



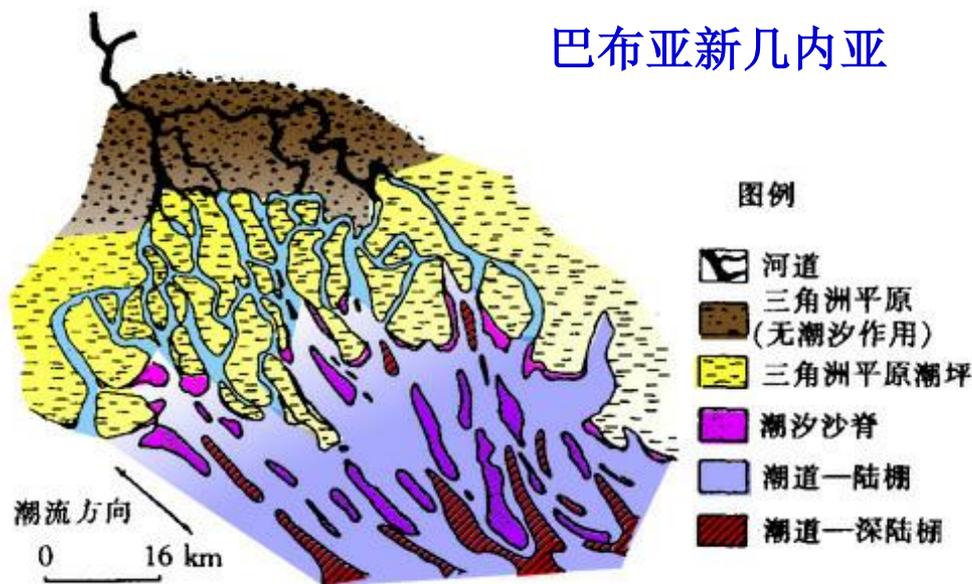
尼罗河三角洲沉积体系的主要沉积环境



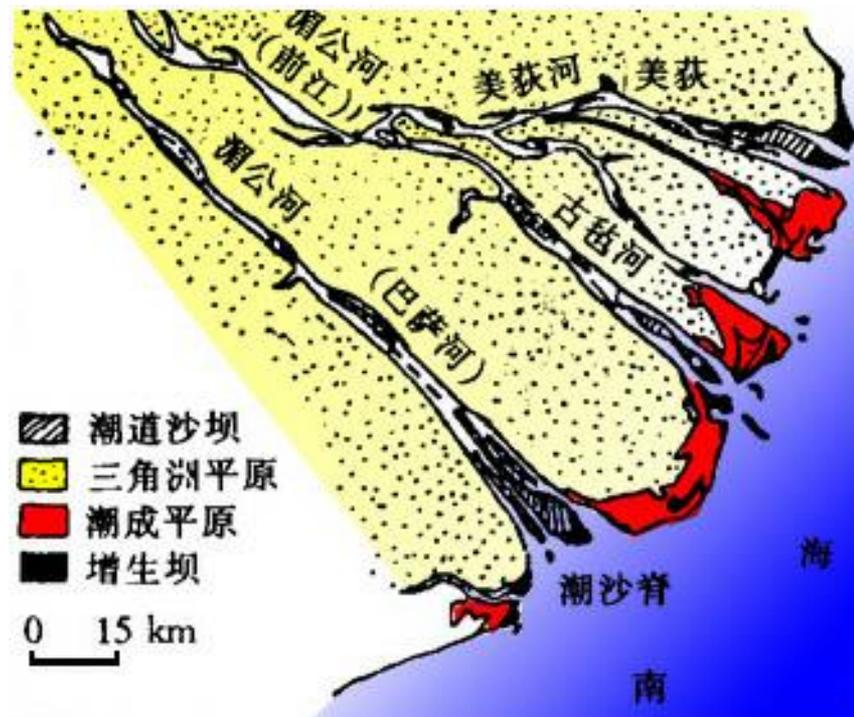
圣弗兰西斯科河三角洲的主要沉积环境图

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

- (3) 潮控三角洲——潮汐作用为主的破坏性三角洲。
外形受港湾控制——港湾型三角洲；
常发育裂指状潮汐砂坝；
如珠江、鸭绿江、辽河三角洲、巴布亚湾三角洲等。



巴布亚湾三角洲前缘砂体被潮流改造而成垂直滨线分布的潮汐沙脊



湄公河三角洲分流河道下游的线状潮汐沙脊

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

考虑三角洲沉积区与物源区的关系、三角洲平原河流类型以及三角洲沉积物的粗细，将三角洲划分为：

扇三角洲、辫状河三角洲、正常三角洲（薛良清，1991）。

然后再在正常三角洲中划分出河控、浪控和潮控三角洲。

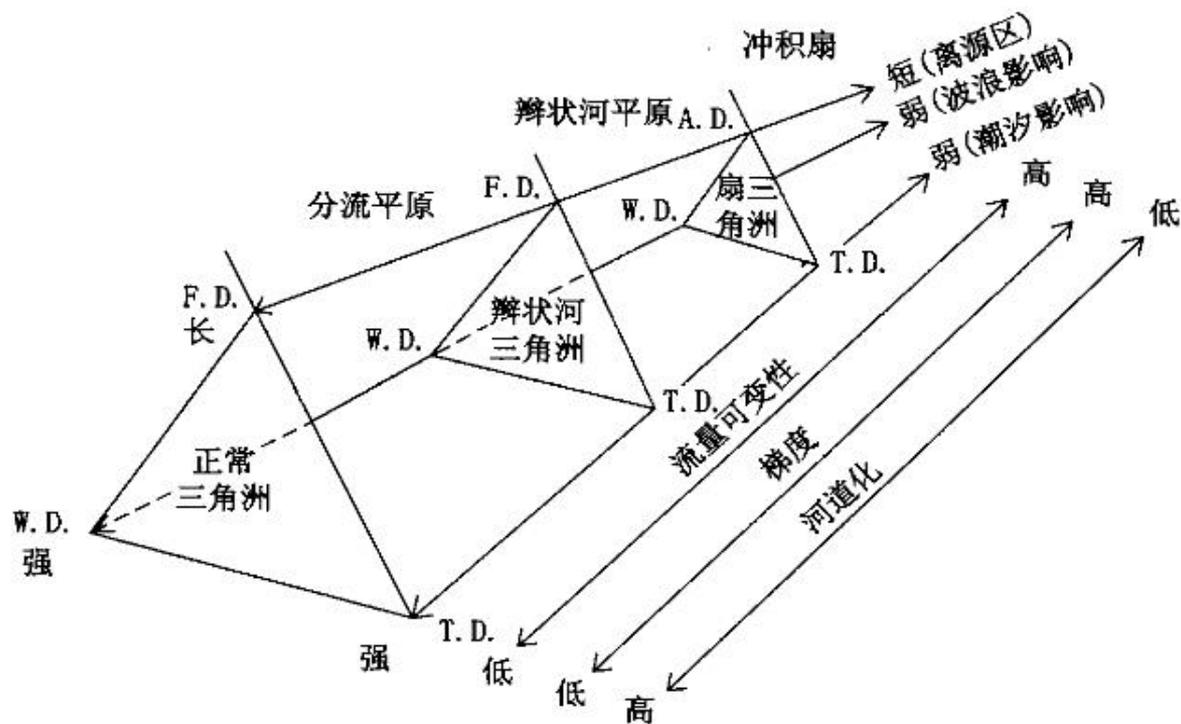


图 20-6 三角洲体系分类谱系图（据薛良清，1991）

A. D. —冲积扇为主的；F. D. —河控；W. D. —浪控；T. D. —潮控

第一节 三角洲沉积环境特点及沉积作用

不同类型三角洲亚、微相划分

表 20-1 不同类型三角洲亚微相划分

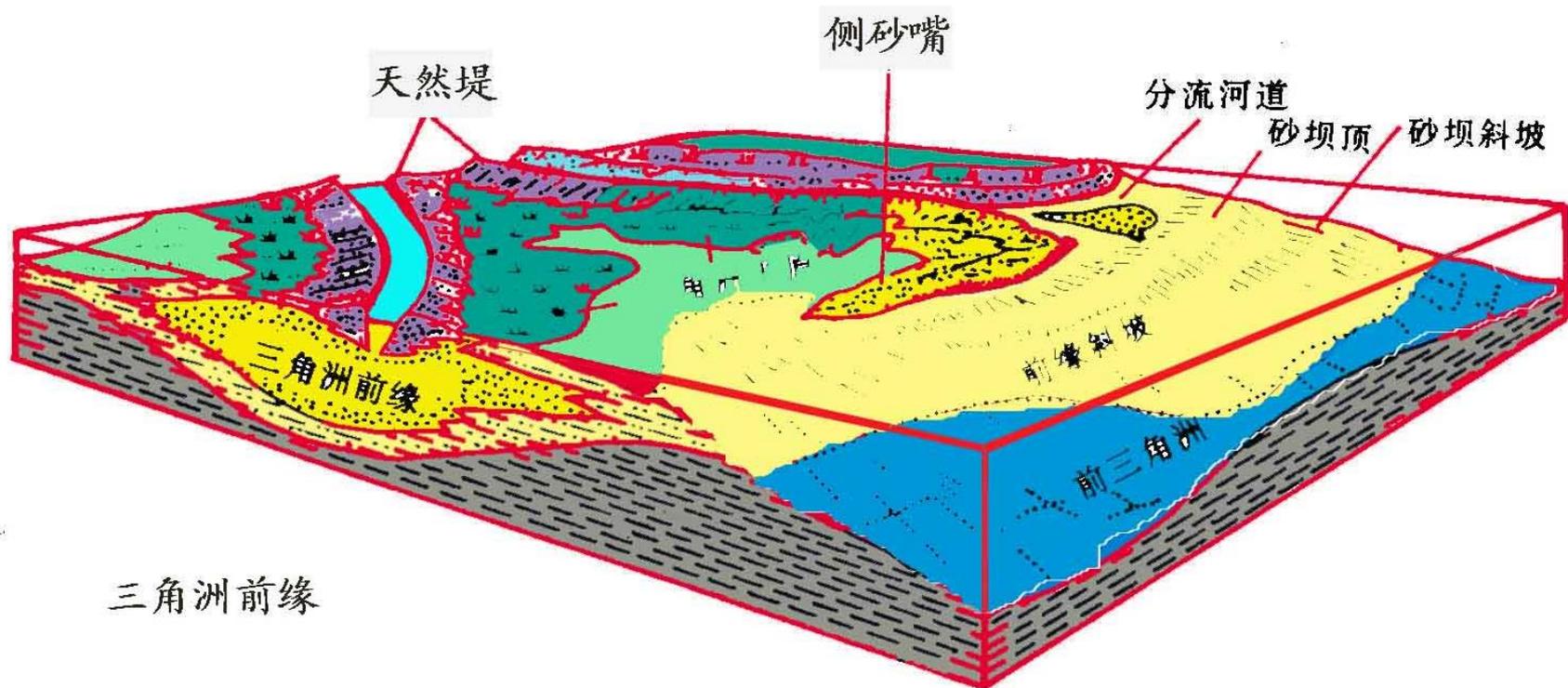
三角洲类型	亚 相	微 相
扇三角洲	扇三角洲平原	分流河道、漫滩沼泽
	扇三角洲前缘	水下分流河道、水下分流河道间、河口坝、前缘席状砂
	前扇三角洲	前三角洲
辫状河三角洲	辫状河三角洲平原	辫状河道、越岸沉积
	辫状河三角洲前缘	水下分流河道、水下分流河道间、河口坝、远砂坝
	前辫状河三角洲	前三角洲
正常三角洲	三角洲平原	分支河道、天然堤、决口扇、沼泽、淡水湖泊
	三角洲前缘	水下分支河道、水下天然堤、支流间湾、河口坝、远砂坝
	前三角洲	前三角洲泥、滑塌浊积扇

第二节 三角洲沉积特征

一、河控三角洲沉积特征

根据沉积环境和沉积特征，
可划分为3个亚相：

三角洲平原亚相
三角洲前缘亚相
前三角洲亚相



三角洲前缘

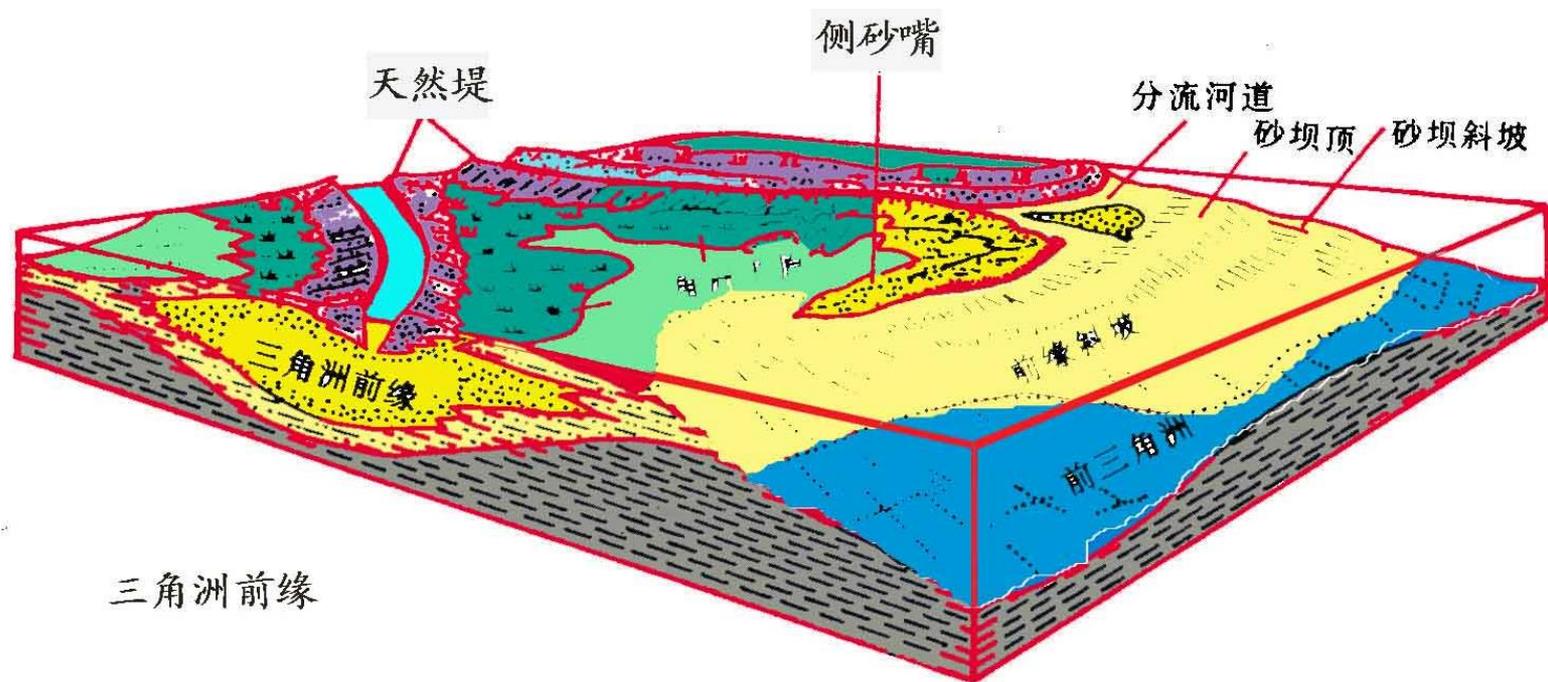
河控三角洲沉积环境模式图

第二节 三角洲沉积特征

1、三角洲平原亚相：

水面以上至分流河口。

包括：分支河道、天然堤、决口扇、沼泽等。



河控三角洲沉积环境模式图

第二节 三角洲沉积特征

三角洲平原沉积特征：

与曲流河、网状河沉积有很大程度的相似性，

差别在于：**分支河道**与**沼泽**沉积发育，且河道顺直；砂质沉积与泥炭、褐煤共生。

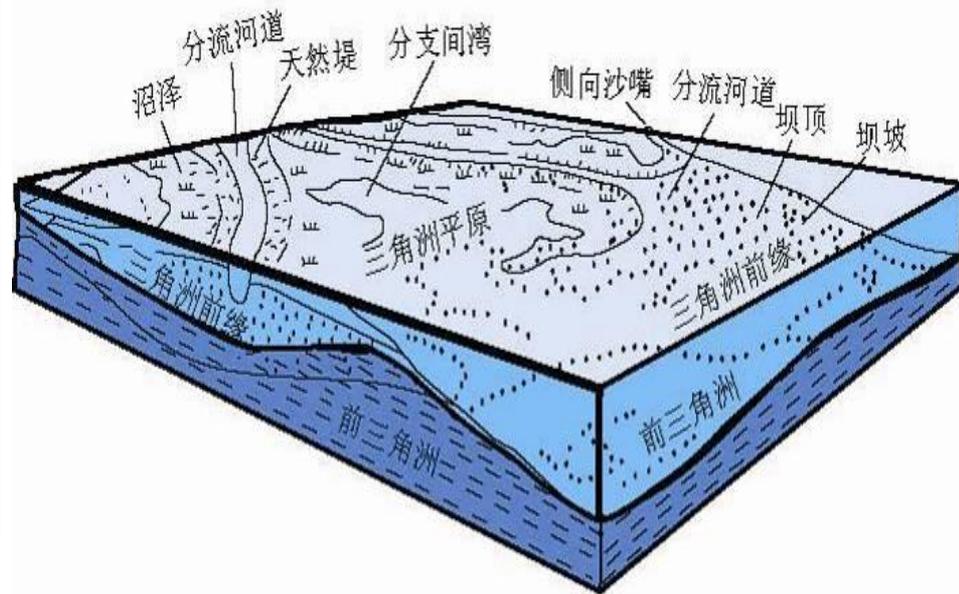
各微相特征：

（分支河道、天然堤、决口扇、沼泽等。）



巴西亚马逊河三角洲

第二节 三角洲沉积特征

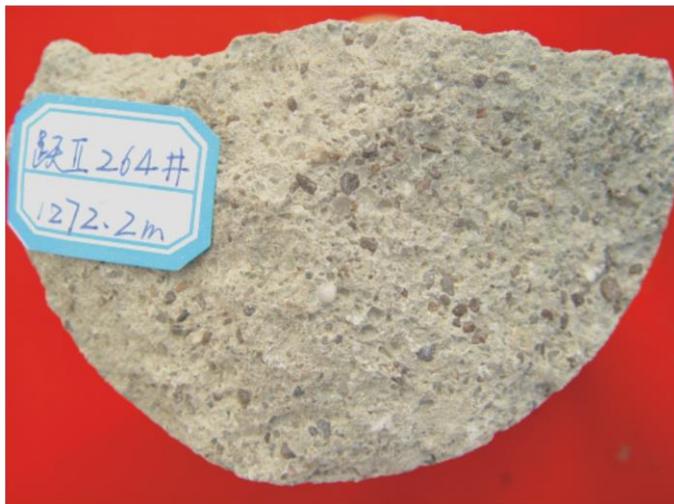


第二节 三角洲沉积特征

三角洲平原沉积特征



浅北4-2井 (N22) : 含砾砂岩



跃II264井 (E_3^1) : 砂砾岩



跃IV-2 (N_1^1) : 两个完整的正旋回

第二节 三角洲沉积特征

三角洲平原沉积特征



辛23井2548.4m, 杂色泥岩



垂直生物钻孔



辛23井2555m, 灰色泥岩含炭屑



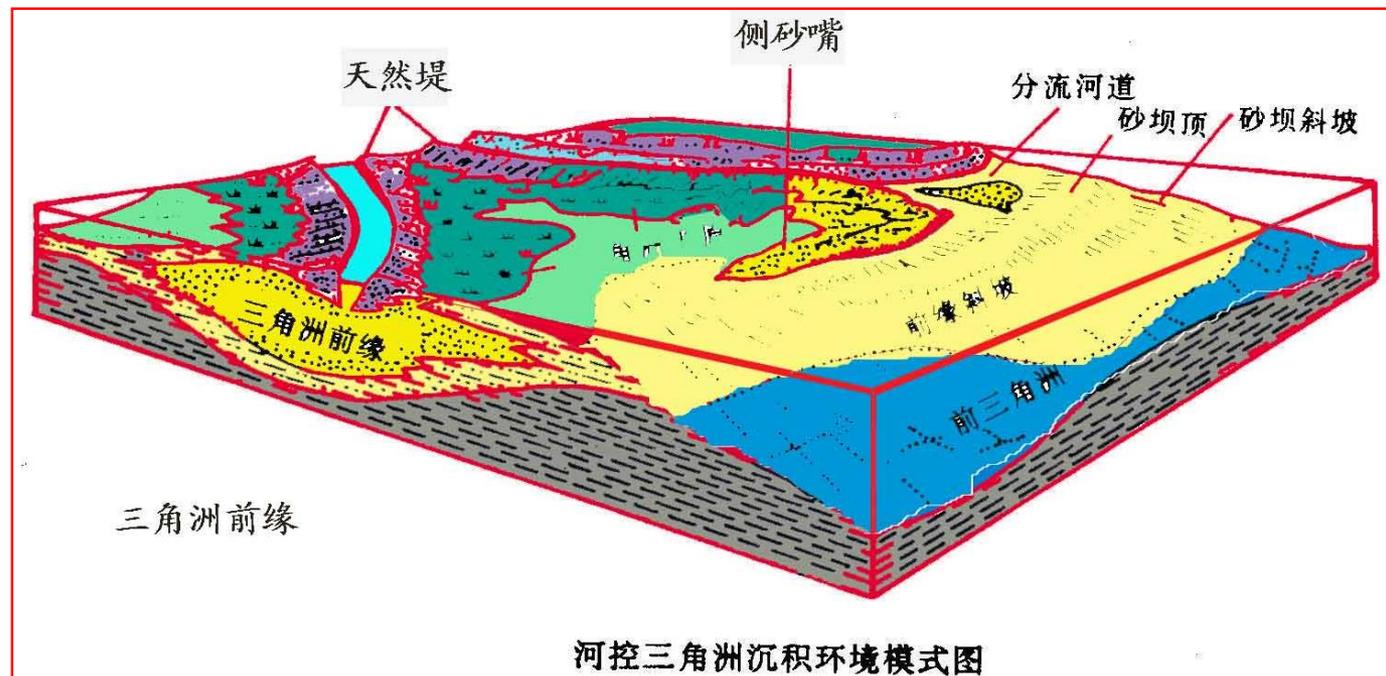
沙纹交错层理

第二节 三角洲沉积特征

2、三角洲前缘亚相

海（湖）平面以下，浪基面以上，三角洲沉积的主体地带。也是三角洲最活跃的沉积中心，从河流带来的砂、泥沉积物在河口与海洋结合部位迅速地沉积。由于受到河流、波浪和潮汐的反复作用，砂泥经冲刷、簸扬和再分布，形成分选较好、质较纯的砂质沉积集中带，构成了良好的储集层。

包括：水下分支河道、水下天然堤、支流间湾、分支河口沙坝、远沙坝、席状砂等微相。



第二节 三角洲沉积特征

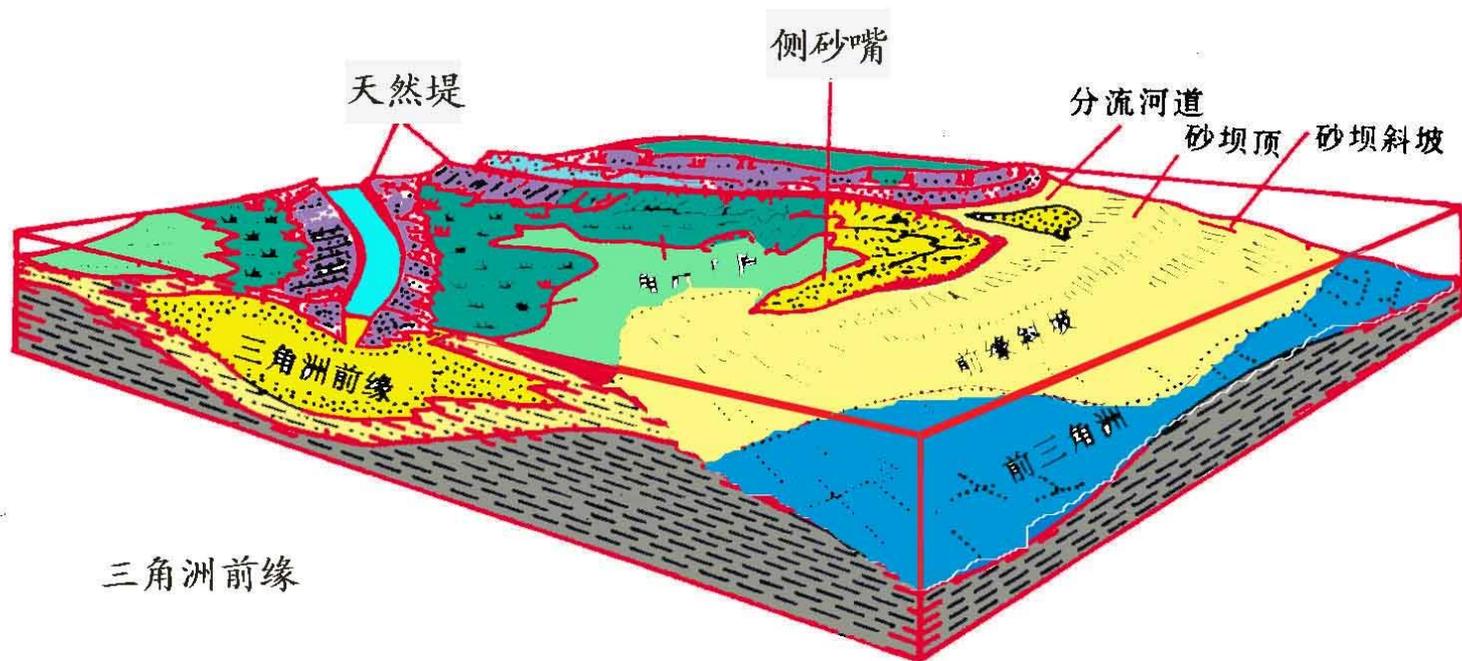
(1) 水下分支河道微相

陆上分流河道的水下延伸部分，向前逐渐消失。

沉积物：具河道沉积特征，但沉积物略细，以砂、粉砂为主；

构造：小型交错层理、波状层理、冲刷-充填构造、层内变形构造；

平面及垂向上：垂直流向剖面上呈透镜状，周围为细粒沉积。



河控三角洲沉积环境模式图

第二节 三角洲沉积特征

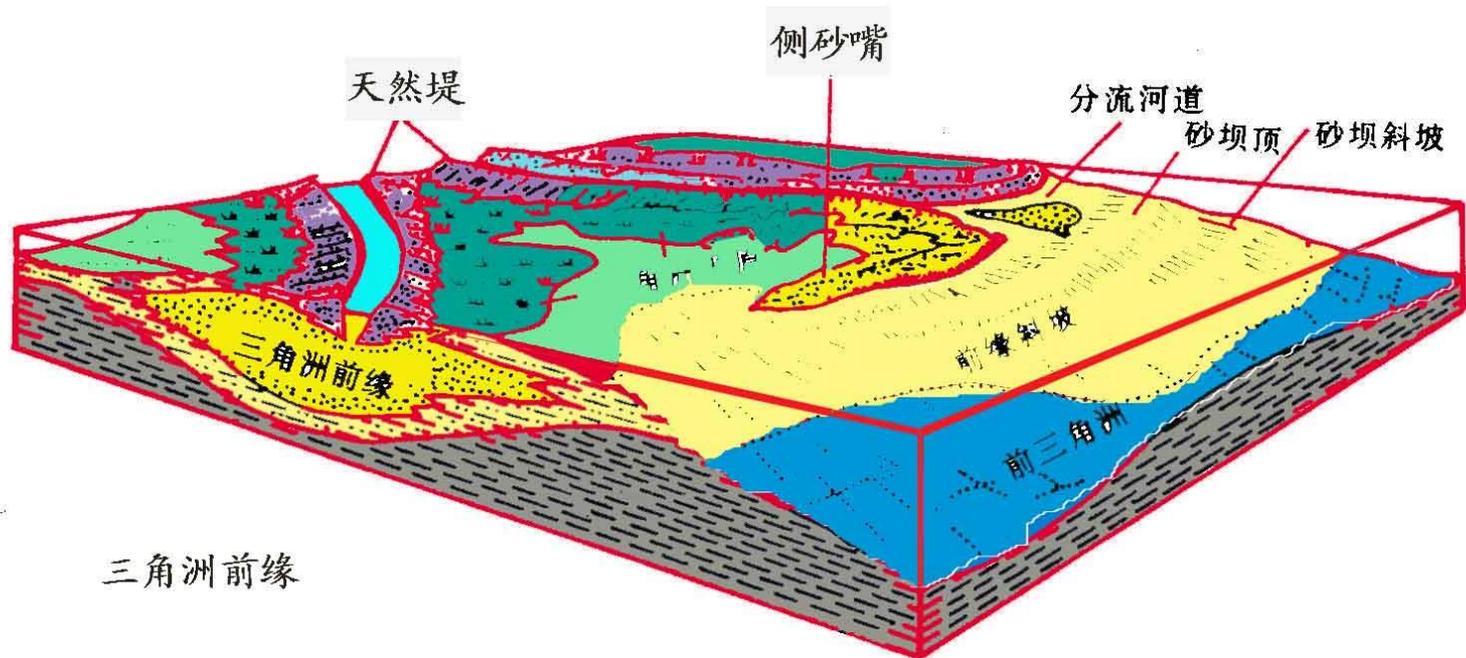
(2) 水下天然堤微相

天然堤的水下延伸。

沉积物：极细砂、粉砂，少有粘土；

构造：小型流水层理、复杂交错层理，变形构造发育，
无陆上暴露构造；

生物：含水生生物化石。



河控三角洲沉积环境模式图

第二节 三角洲沉积特征

(3) 支流间湾微相

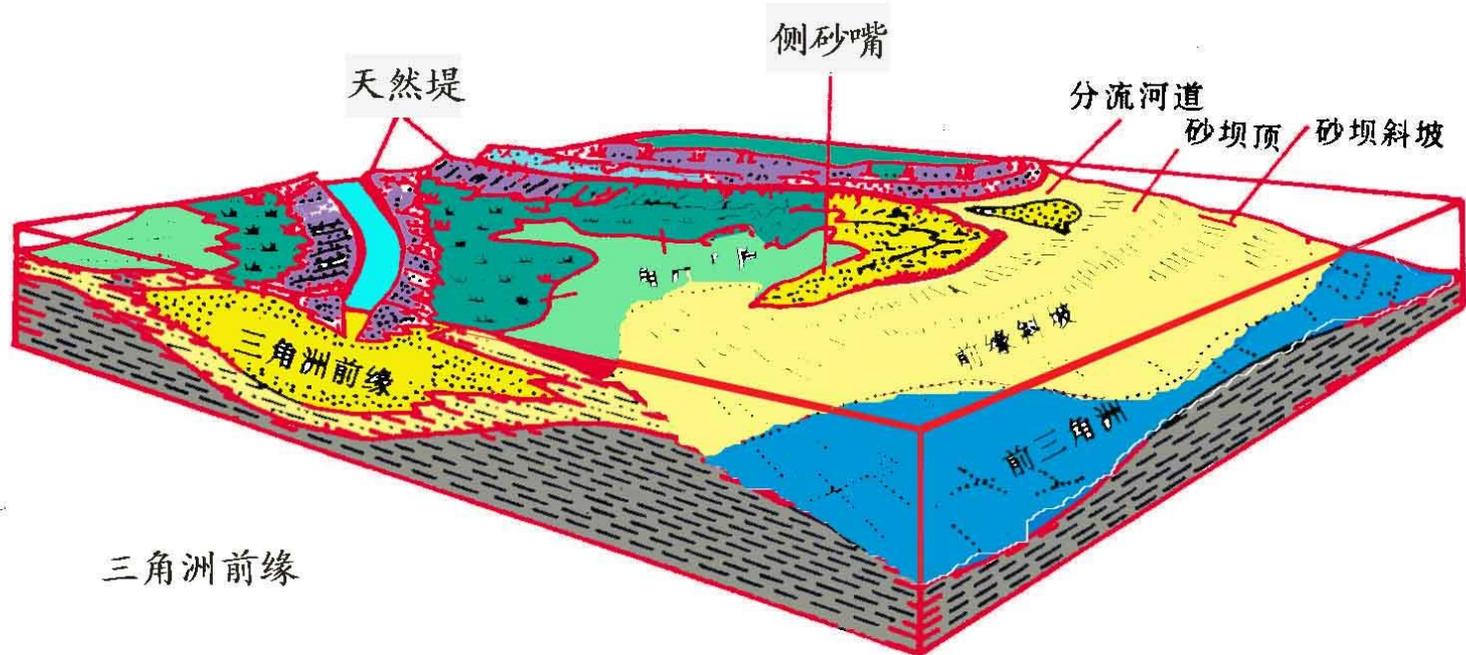
分流河道之间的海（湖）湾。较静水。

沉积物：泥，含泛滥沉积的粉细砂薄层；

构造：水平层理为主；

生物化石：水生生物；

垂向上：发育在前三角洲泥岩或三角洲前缘砂体之上。



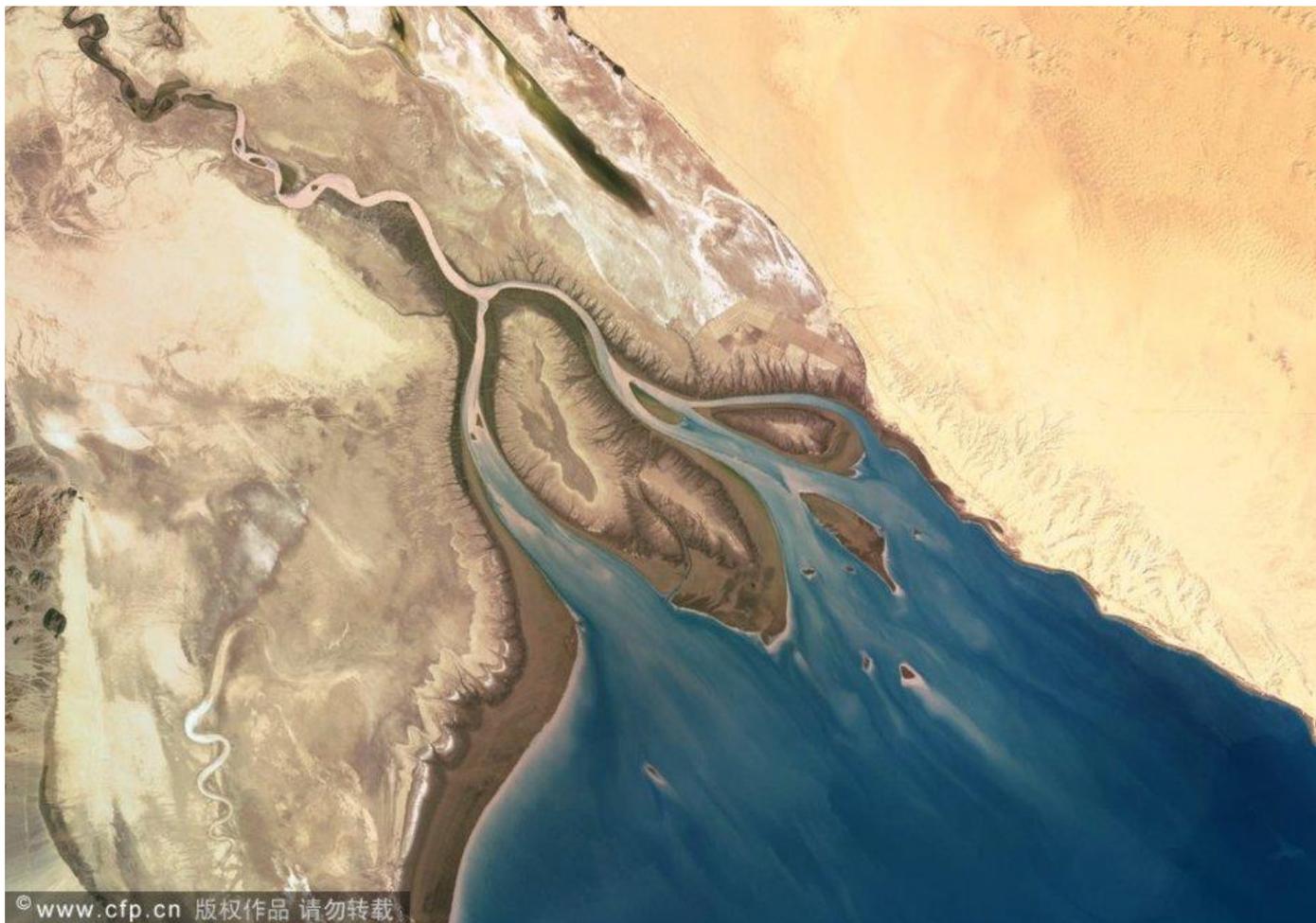
三角洲前缘

河控三角洲沉积环境模式图

第二节 三角洲沉积特征

(4) 分支河口沙坝微相

河口处，新月型、朵状、条状等。三角洲最主要的砂体类型。



第二节 三角洲沉积特征

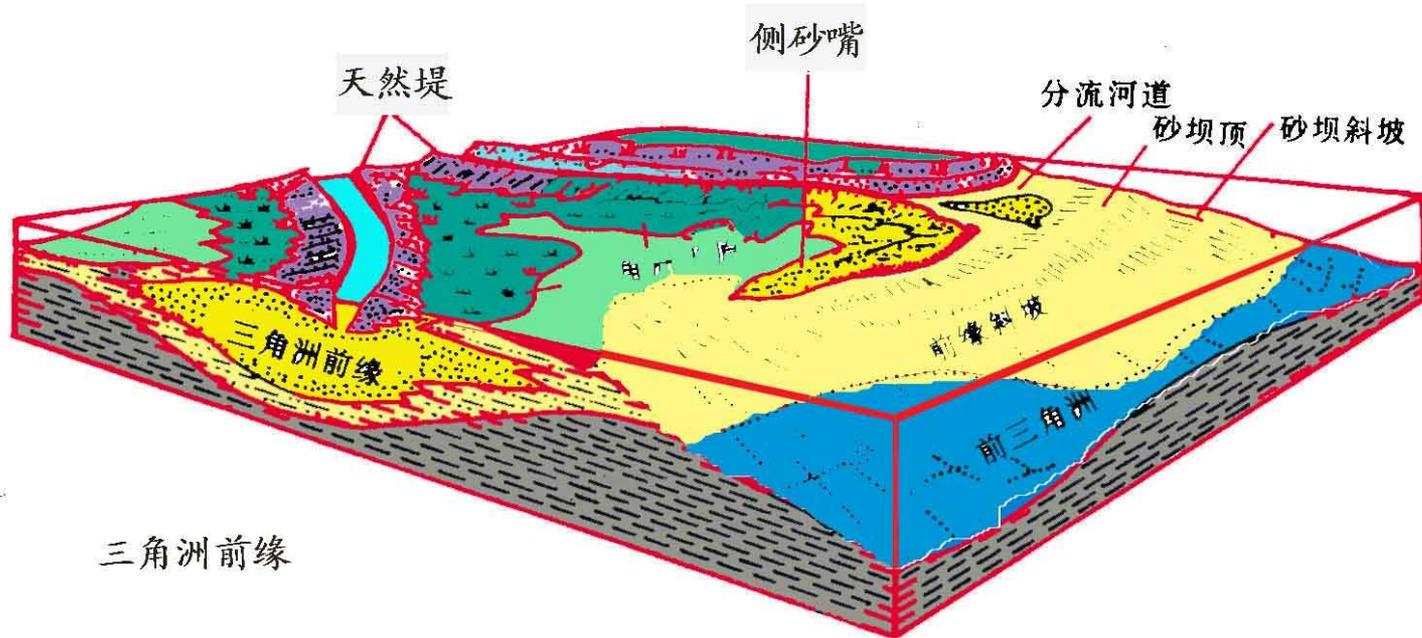
(4) 分支河口沙坝微相

沉积物：中厚层—厚层砂、粉砂；

结构：分选较好；

构造：（向河口）槽状、楔状交错层理、砂纹层理；
（向海）浪成砂纹层理；

垂向：明显的反旋回。



河控三角洲沉积环境模式图

第二节 三角洲沉积特征

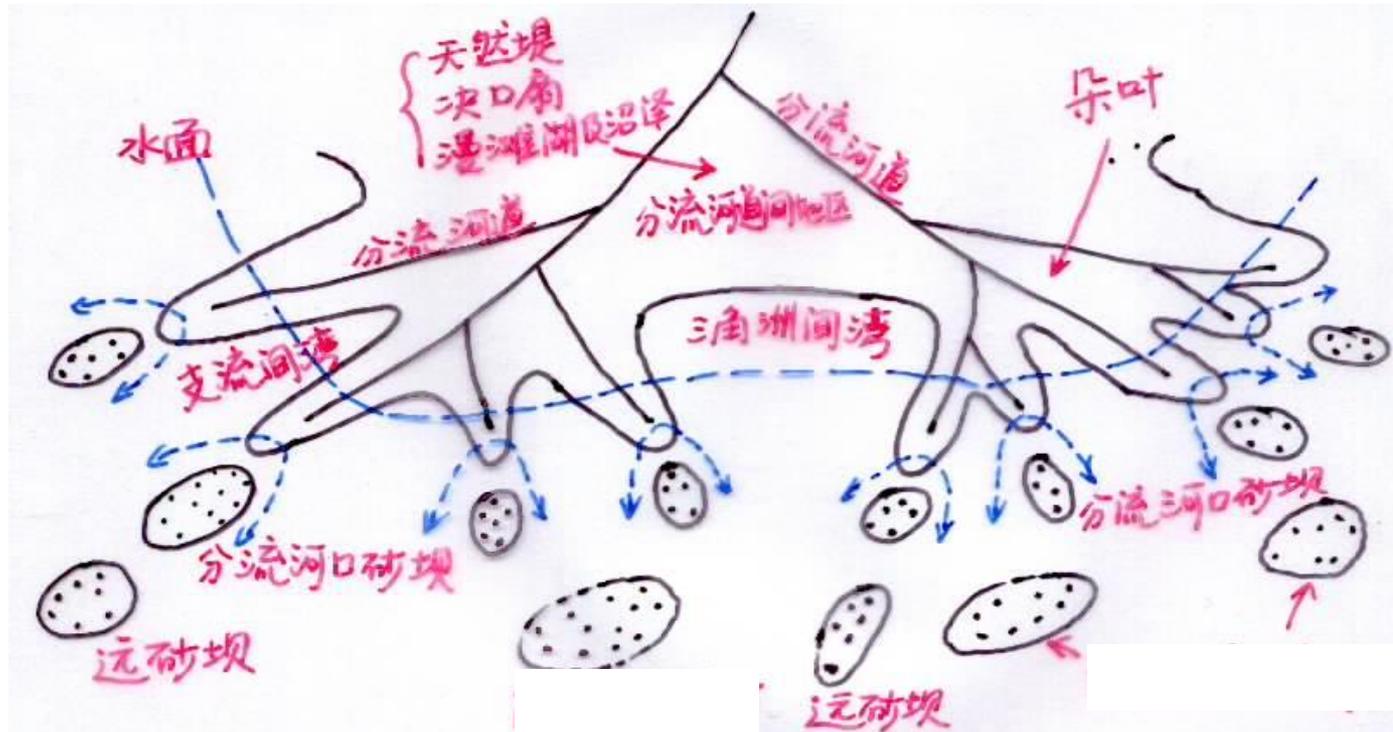
(5) 远沙坝微相

河口沙坝前方靠海的部分，近浪基面。

沉积物：粉砂为主，含细砂、粘土。

构造：中小型槽状交错层理、包卷层理、浪成交错层理、生物扰动构造等。

垂向层序：前三三角洲泥质沉积之上



第二节 三角洲沉积特征

➤ 指状砂坝

- 高建设性三角洲向海推进，砂质堆积迅速，水下分支河道、水下天然堤、分支河口砂坝、远砂坝连结结合成指状或鸟爪状砂体

——高建设性三角洲前缘亚相特有

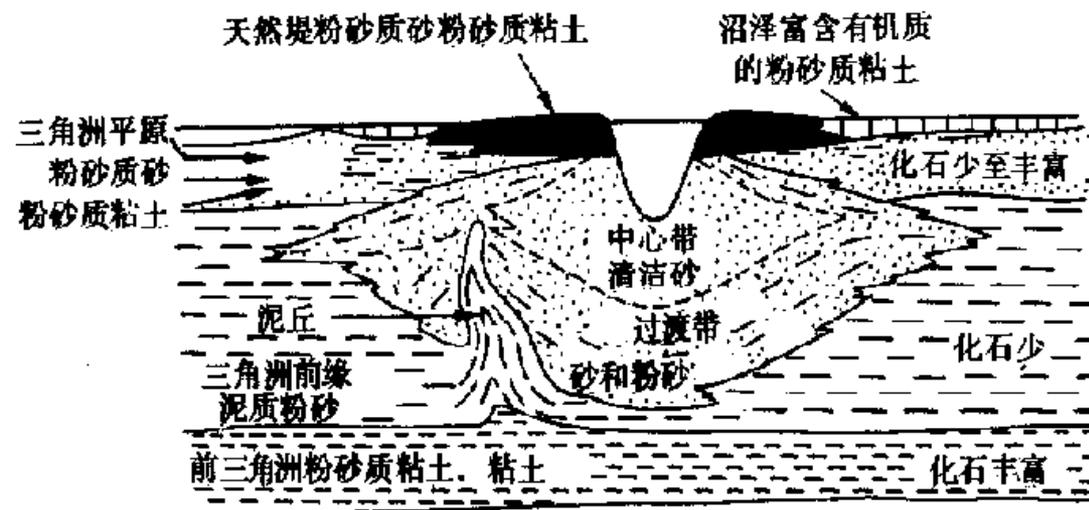


图 20-96 指状砂坝横剖面几何形态及特征

(据菲斯克, 1961)

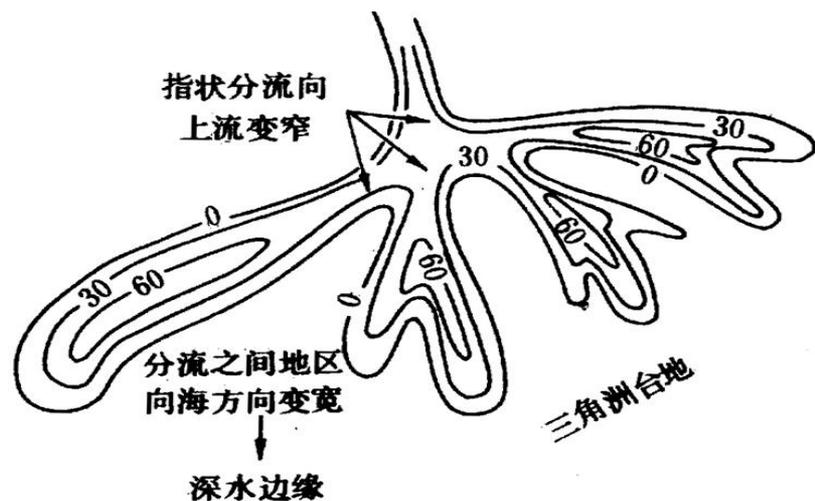


图 20-95 指状砂坝平面几何形态，向海方向加厚

(据菲斯克, 1961)

第二节 三角洲沉积特征

(6) 三角洲前缘席状砂（在浪成三角洲中更发育）

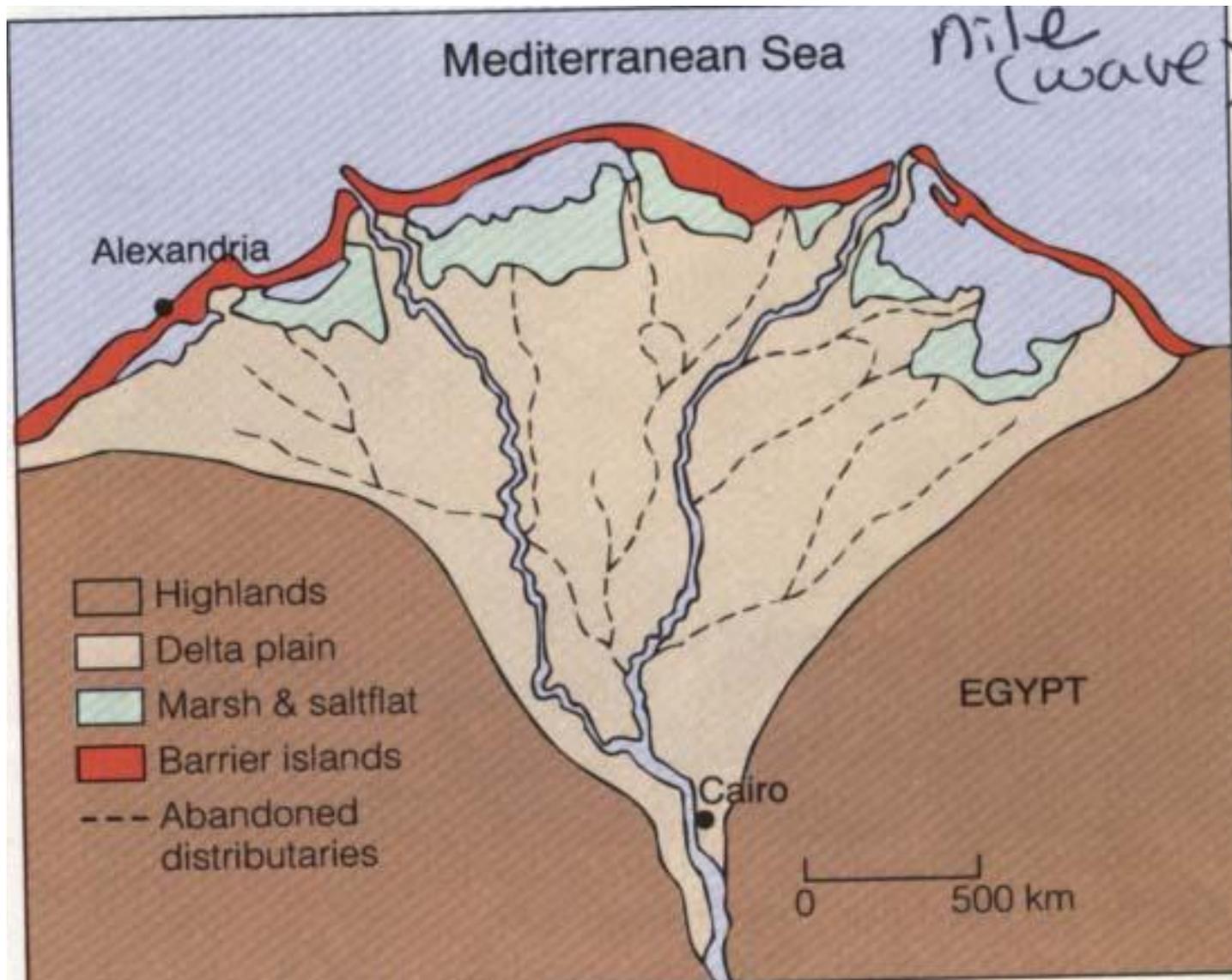
河口砂坝受波浪、沿岸流的改造，围绕三角洲前缘呈席状、带状展布。浪成三角洲中更发育。

沉积物：分选很好的砂。

构造：浪成交错层理、低角度交错层理



第二节 三角洲沉积特征



浪控三角洲—前缘席状砂

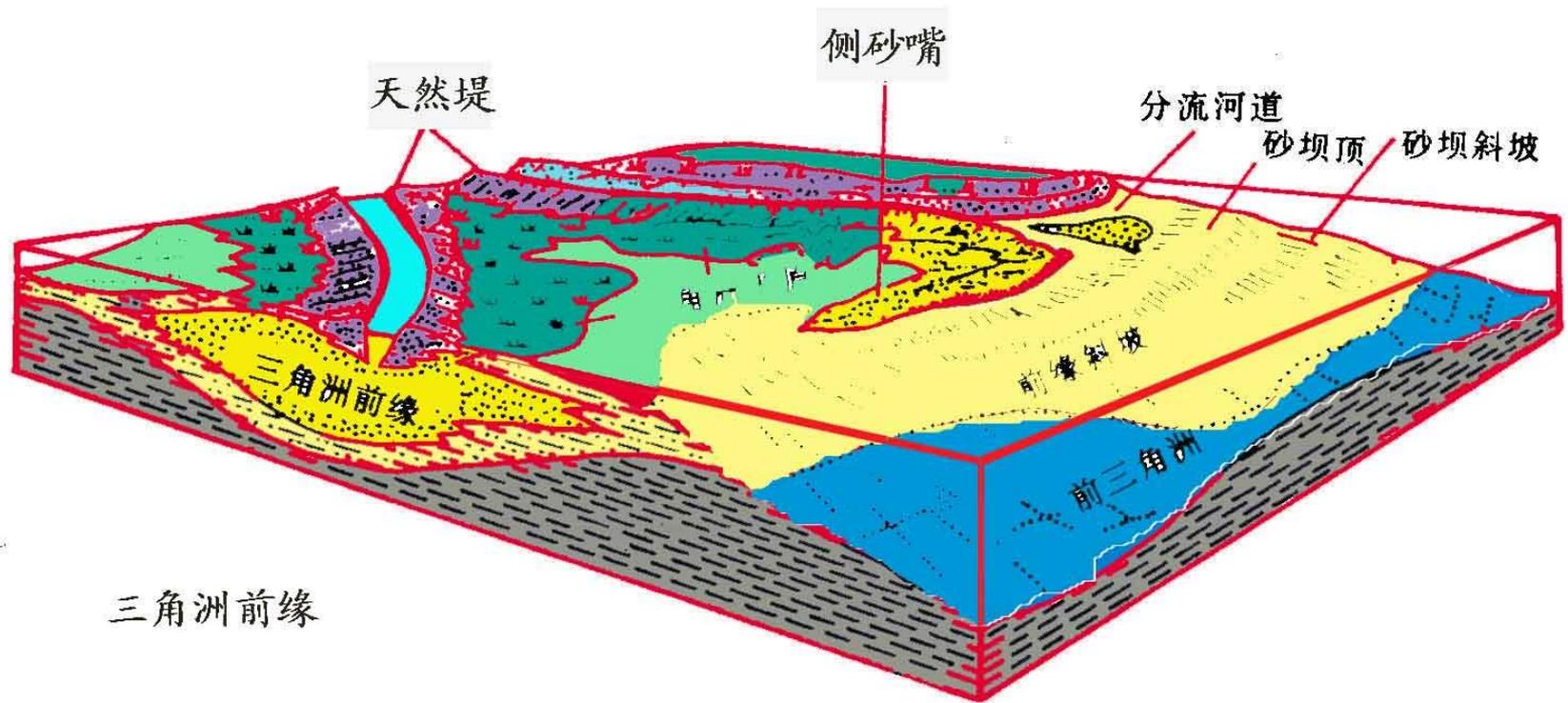
第二节 三角洲沉积特征

3. 前三角洲亚相

浪基面以下，静水。与正常海（湖）相沉积过渡。

沉积物：暗色粘土、粉砂质粘土。

构造：水平层理、生物扰动、上部沉积物的滑塌。



河控三角洲沉积环境模式图

第二节 三角洲沉积特征

4、三角洲沉积相组合及垂向层序

三角洲相由陆向海方向为**三角洲平原**→**三角洲前缘**→**前三角洲**。随沉积环境变化，沉积物和生物特征也发生规律性变化：

- ▶ 粒度由粗变细；
- ▶ 植屑和陆上生物化石减少，而海相生物化石增多；
- ▶ 底栖生物的扰动程度增加；
- ▶ 多种类型的交错层理变为较单一的水平纹理；
- ▶ 有机质含量增高，颜色变暗等。

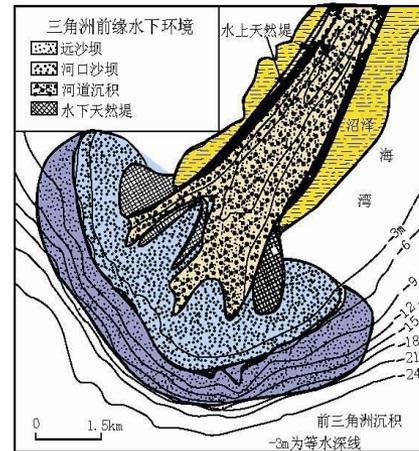


图 11-15 密西西比河三角洲西南分支河口三角洲前缘沉积环境

(据科尔曼等, 1965)

第二节 三角洲沉积特征

沉积序列具有三个特点:

①在粒度上为从下向上呈由细变粗的反旋回沉积,但在层序的上部可局部出现次一级下粗上细的正韵律。

②海陆相生物化石混生或交互出现。下部海生生物化石多,上部植物化石多,甚至出现炭质泥岩或煤层。

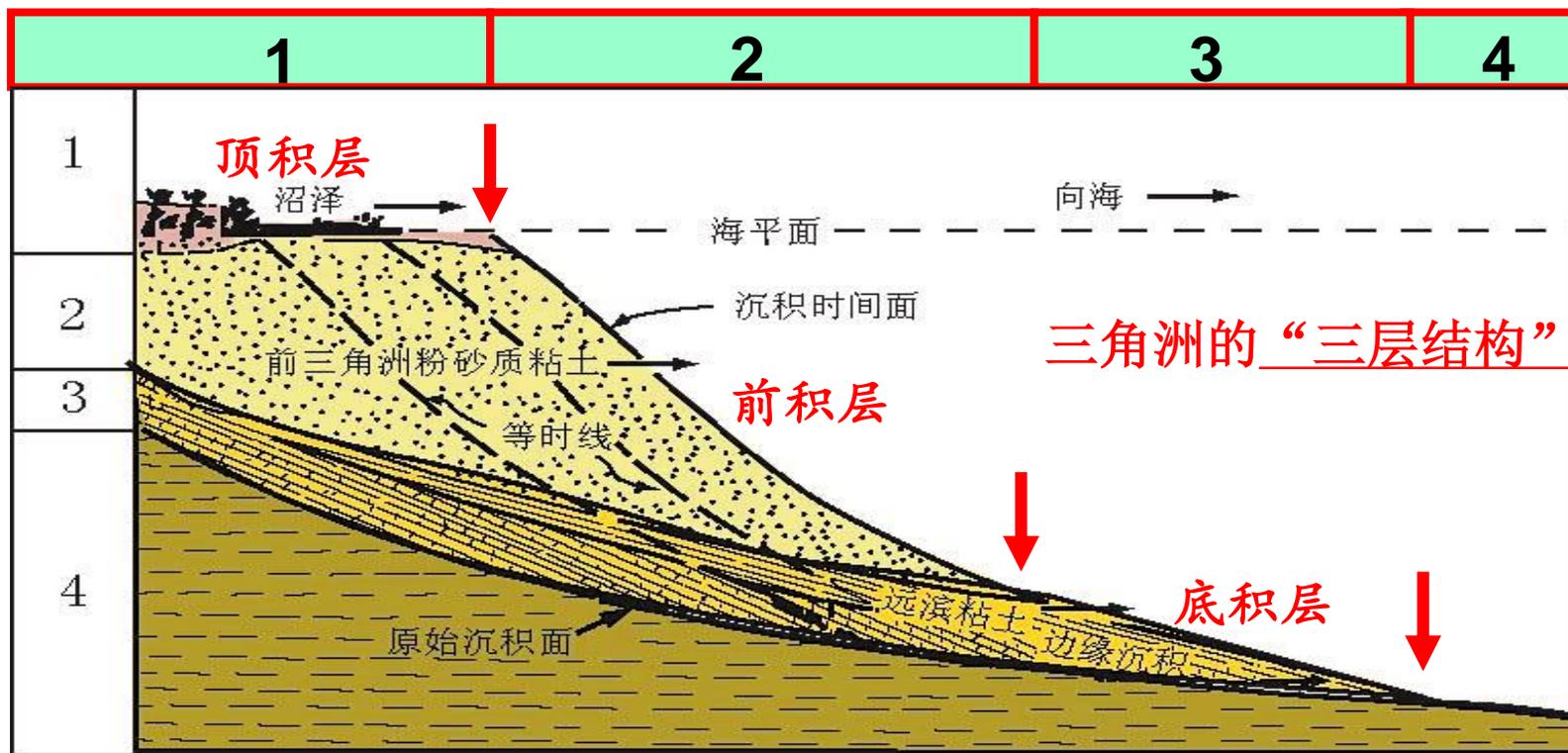
③水流波痕和浪成波痕及其分别产生的交错层理共生。

剖面	相	环境解释	
	夹炭质泥岩或煤层的砂泥岩互层	沼泽	三角洲平原
	槽状或板状交错层理砂岩	分支流河道	
	含半咸水生物化石和介壳碎屑泥岩	分支间湾	
	楔形交错层理和波状交错层理纯净砂岩	河口砂坝	三角洲前缘
	水平纹理和波状交错层理粉砂岩和泥岩互层	远砂坝	
	暗色块状均匀层理和水平纹理泥岩	前三角洲	
	含海生生物化石块状泥岩	正常浅海	

河控三角洲的垂向序列 (据孙永传, 1985)

第二节 三角洲沉积特征

◆ 垂向沉积序列： 下细上粗的进积型反旋回沉积序列



1-三角洲平原； 2-三角洲前缘； 3-前三角洲； 4-浅海

平面变化 对应 垂向变化

逆粒序结构（三层结构）形成的原因：三角洲的进积

第二节 三角洲沉积特征



和什托洛盖盆地 J_2x 三角洲前积层理-前积纹层, 指示古水流北西-南东向

第二节 三角洲沉积特征



三角洲前缘

垂向上，自下而上泥质含量减少，砂质含量增多，砂体规模增大。

灰色泥岩

底部为大套中厚层中砂岩，发育板状交错层理，向上岩性变为细砂岩、粉砂岩

灰色中薄层粉砂质泥岩

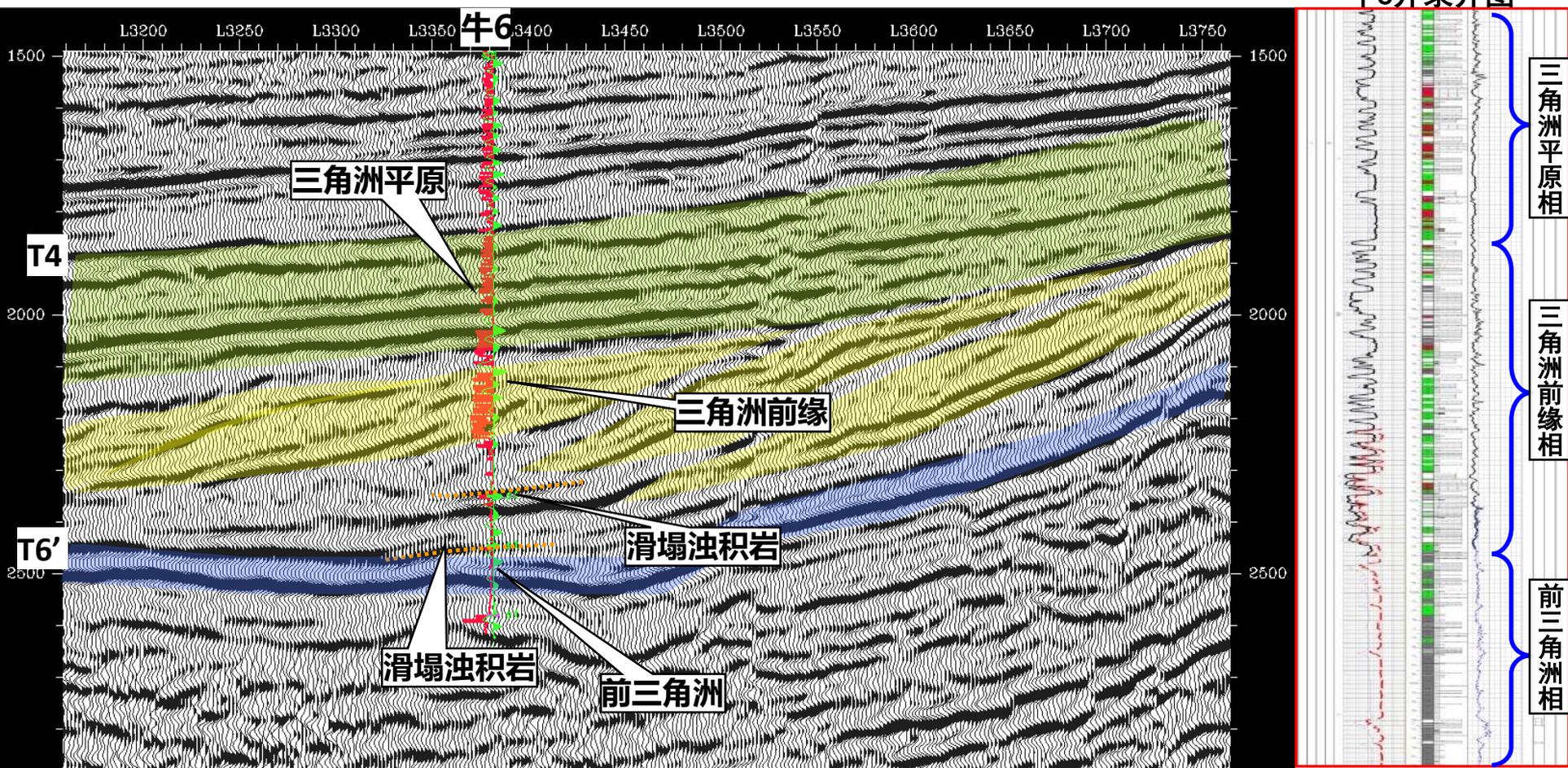
灰色细砂岩，未见层理发育，透镜状

以深灰色泥岩为主，顶部夹薄层粉砂岩

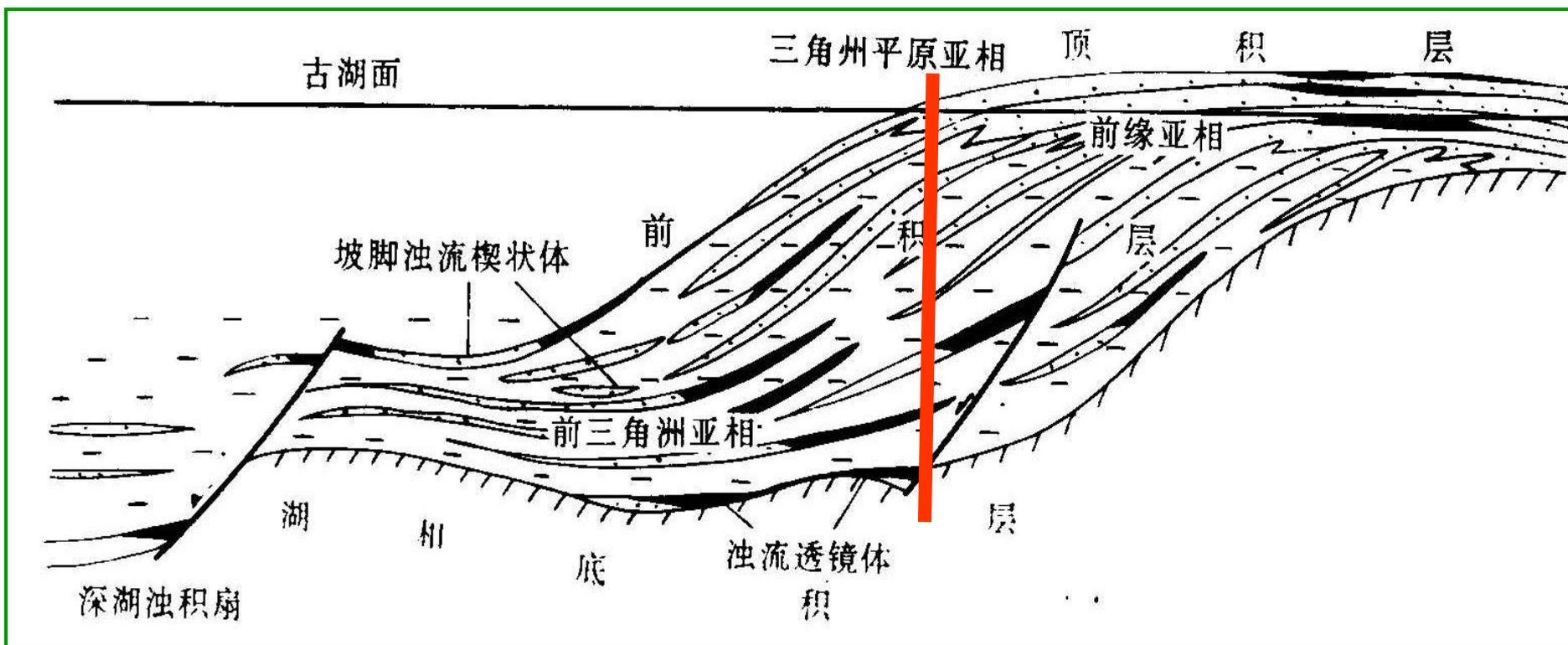
横山无定河剖面侏罗系延安组完整的三角洲前缘沉积序列

第二节 三角洲沉积特征

三角洲相地震反射特征图版 (横向剖面)

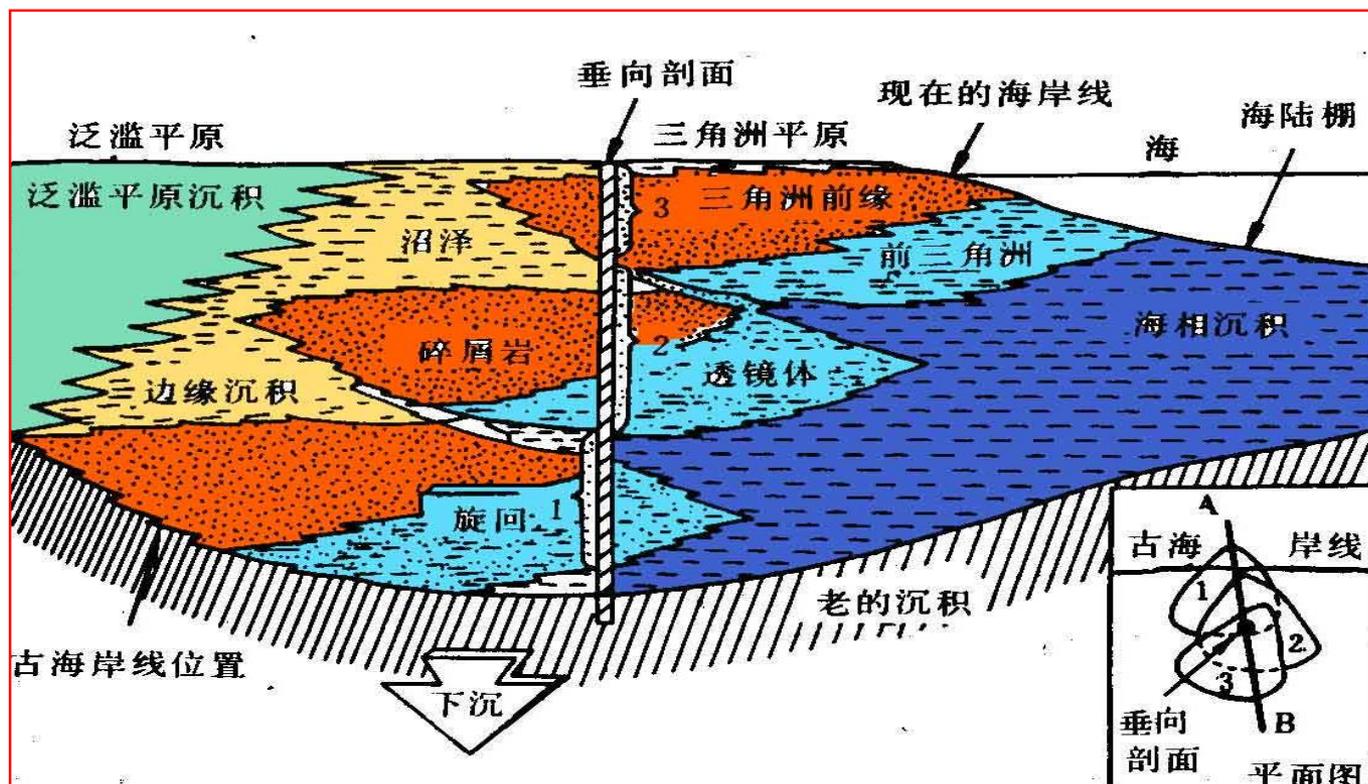


第二节 三角洲沉积特征



逆粒序结构（三层结构）形成的原因：三角洲的进积

第二节 三角洲沉积特征



三角洲的进积——前积式向海推进

同期异相——每两个等时线间所限制的前积层，包含同一时期形成的三角洲平原、三角洲前缘和前三三角洲三个不同的沉积亚相

异期同相——同一亚相是不同时期形成的该亚相的叠加

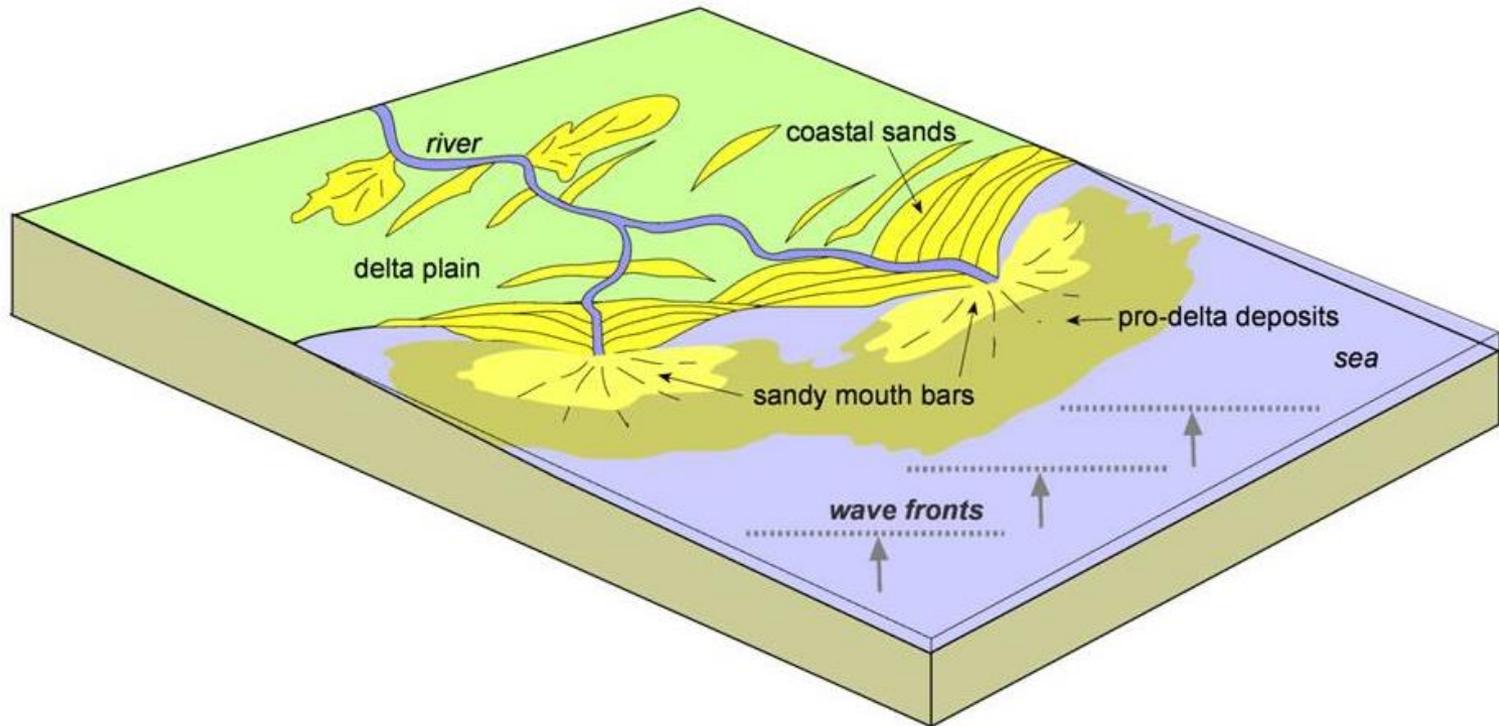
第二节 三角洲沉积特征

二、浪控和潮控三角洲沉积特征

1、浪控三角洲

三角洲前缘被波浪改造，发育分选好的海滩砂脊。

沉积构造：冲洗交错层理发育，分流河道、河口坝不发育。

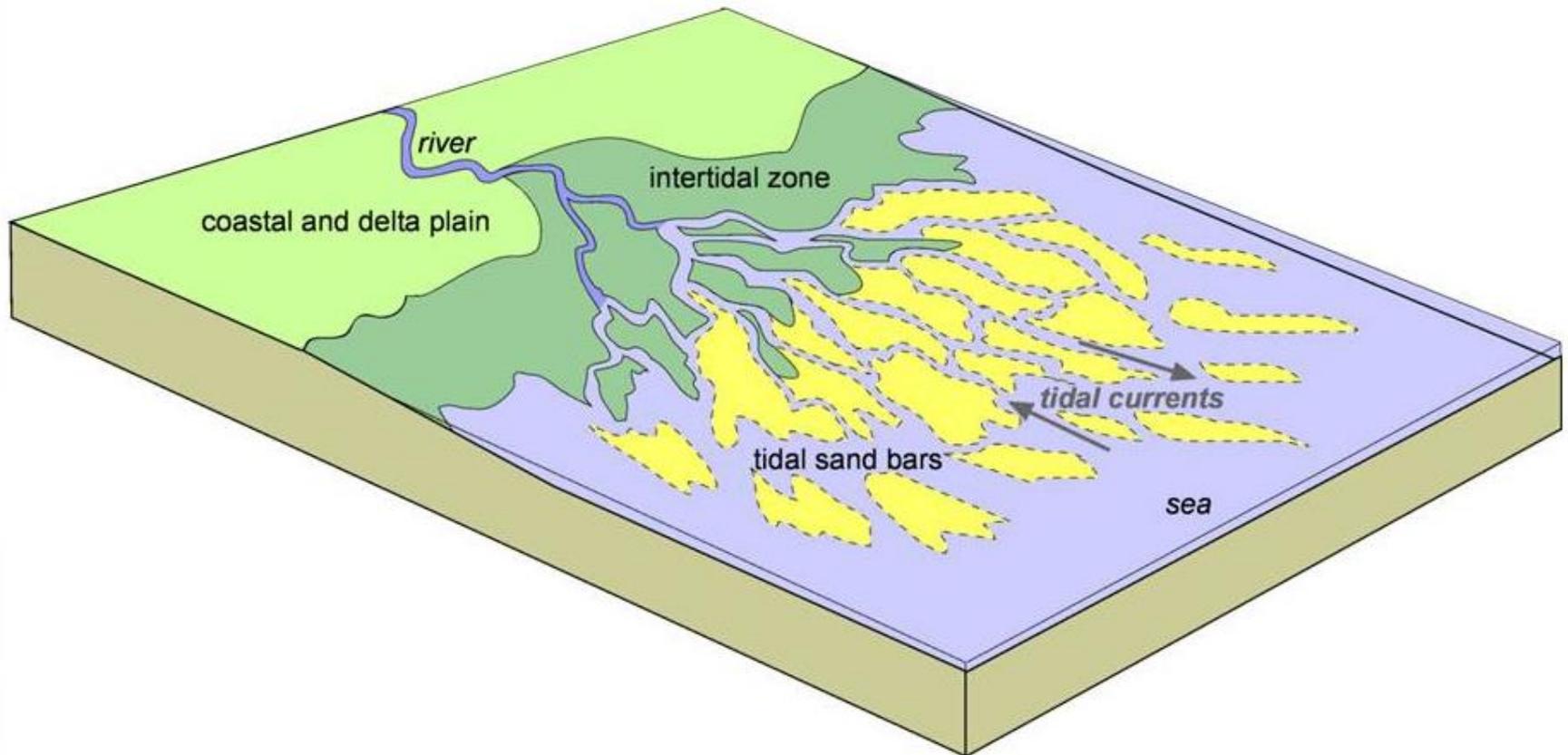


第二节 三角洲沉积特征

2、潮控三角洲

三角洲平原、前缘的分流河道，同时也是潮汐水道。

分流河道内具有海相生物碎片、潮汐层理、羽状层理等。
分流河道间发育潮坪沉积；三角洲前缘发育潮汐砂脊。

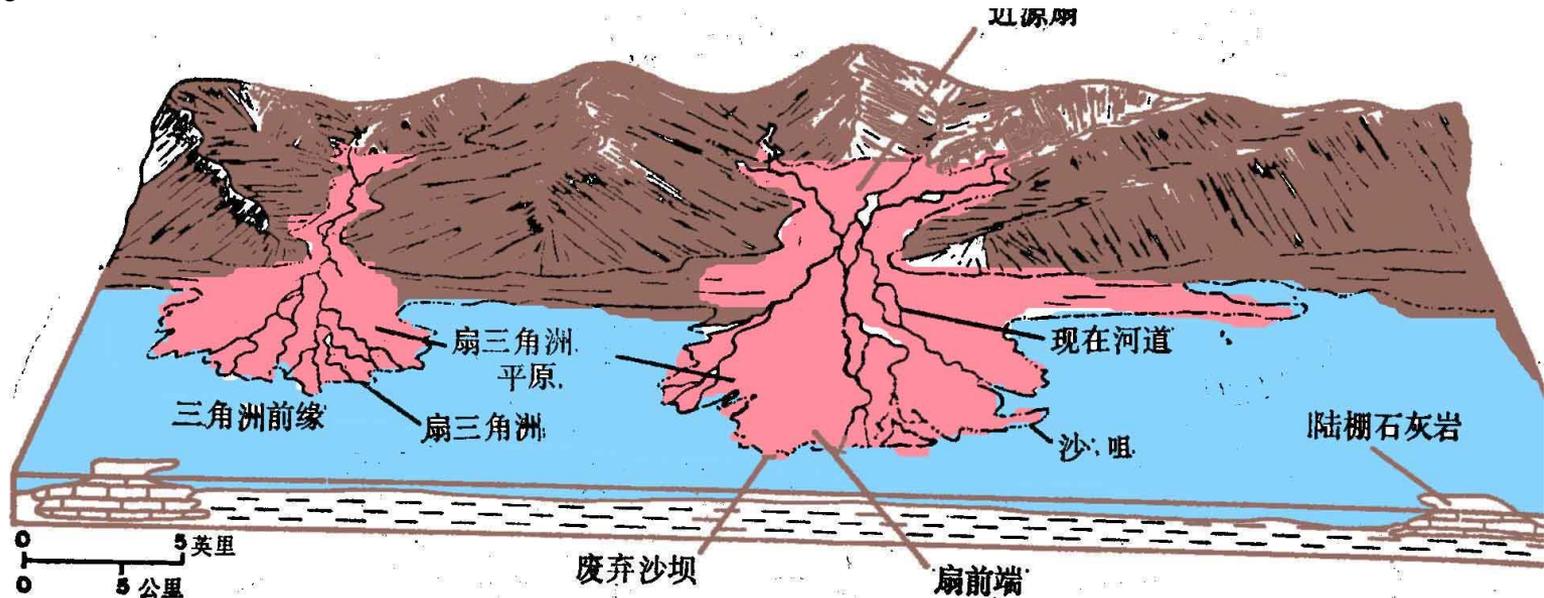


第三节 扇三角洲相

一、扇三角洲概念和形成条件

Holmes (1965) 最早提出：扇三角洲是由邻近高地推进到海、湖等稳定水体中的冲积扇。 Nemeč 等 (1988) 《扇三角洲：沉积学和构造背景》中认为扇三角洲是由冲积扇提供物源，主要发育于水下或完全发育于水下的楔形沉积体，是活动的冲积扇与水体（湖、海）之间的沉积体。

于兴河 (2002)：以冲积扇为物源而形成的近源砾石质三角洲。

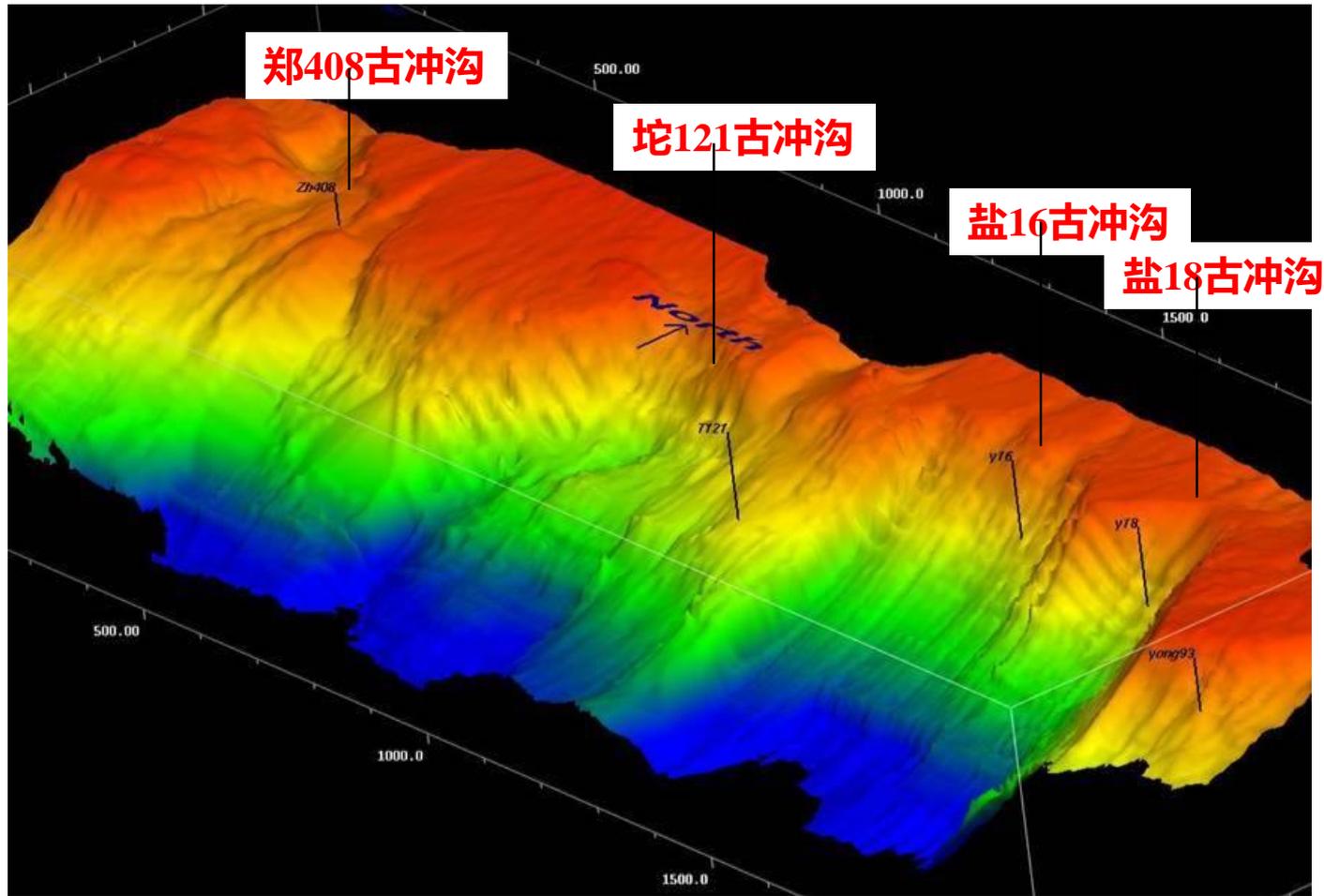


第三节 扇三角洲相



扇三角洲现代实例

第三节 扇三角洲相



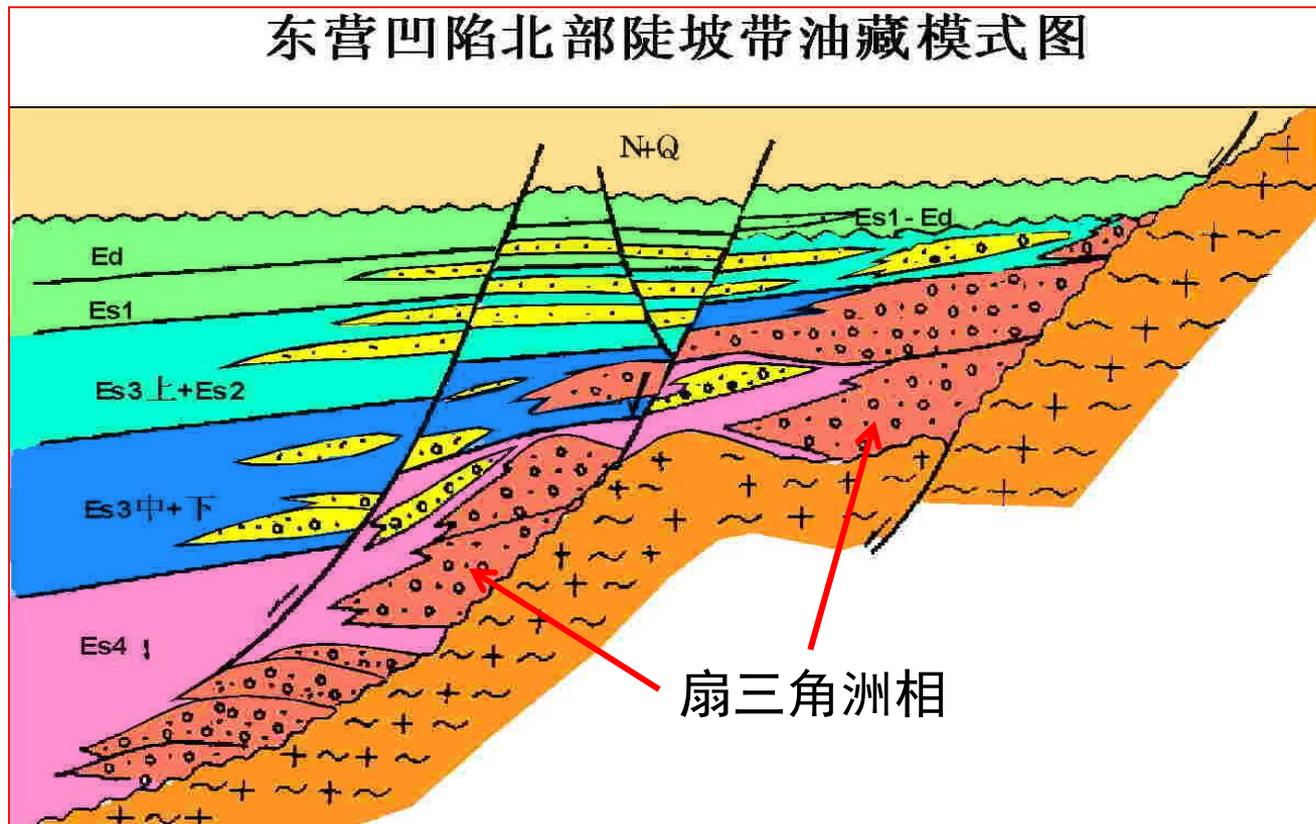
东营凹陷北部陡坡带基岩古地形图

断陷湖盆陡坡带由于断裂活动强烈，物源供给充足，常发育沉积厚度大、相带窄、相变快、岩性粗而杂的扇三角洲沉积反。

第三节 扇三角洲相

扇三角洲的形成条件：

- (1) 地形高差大、构造活动强烈、盆地斜坡陡、气候干旱、物源充足、近源快速堆积。
- (2) 常与同沉积期大型断裂带相伴。

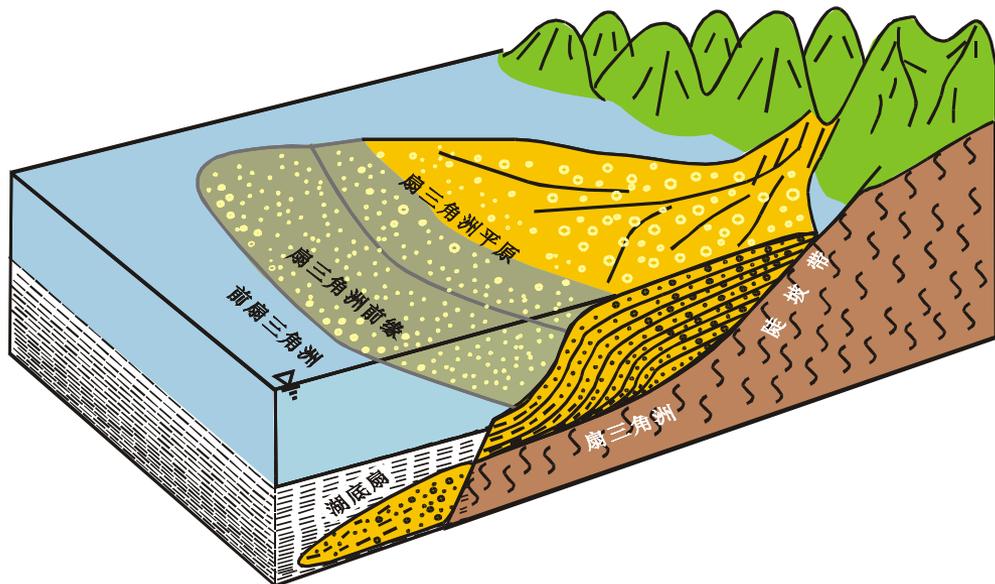


第三节 扇三角洲相

二、扇三角洲的一般特点

1、水动力特征：

阵发性洪流为主体，具有复合型水动力机制，兼具牵引流和重力流沉积特征。



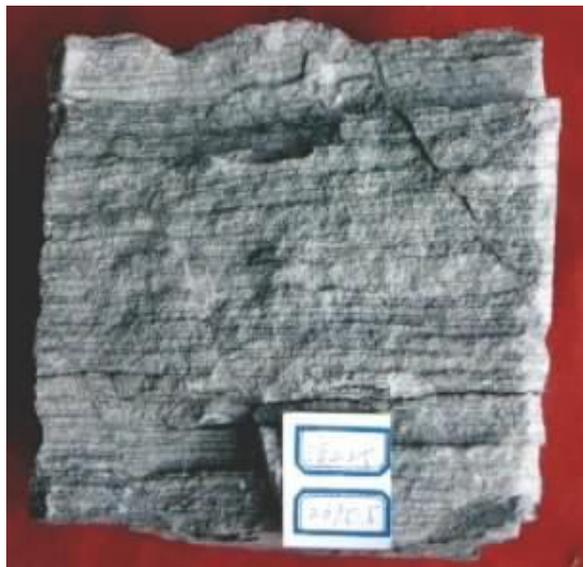
特点：

- (1) 向陆方向通常以断层为界；
- (2) 砂、砾粗碎屑比例较大；
- (3) 纵向上楔形，平面扇形，向盆地方向变薄、变细；
- (4) 相变比较快；
- (5) 单个扇三角洲层序向上变粗；
- (6) 规模常较小（几到几十 km^2 ，有的不到 1km^2 ），成群出现。

第三节 扇三角洲相

2. 沉积物成分和结构特征

- 粗—砂砾粗碎屑比例大、粒度粗
- 高—泥质含量高
- 差—分选性和磨圆度较差
- 低—成分和结构成熟度低



前缘，平行层理



紫红色泥砾



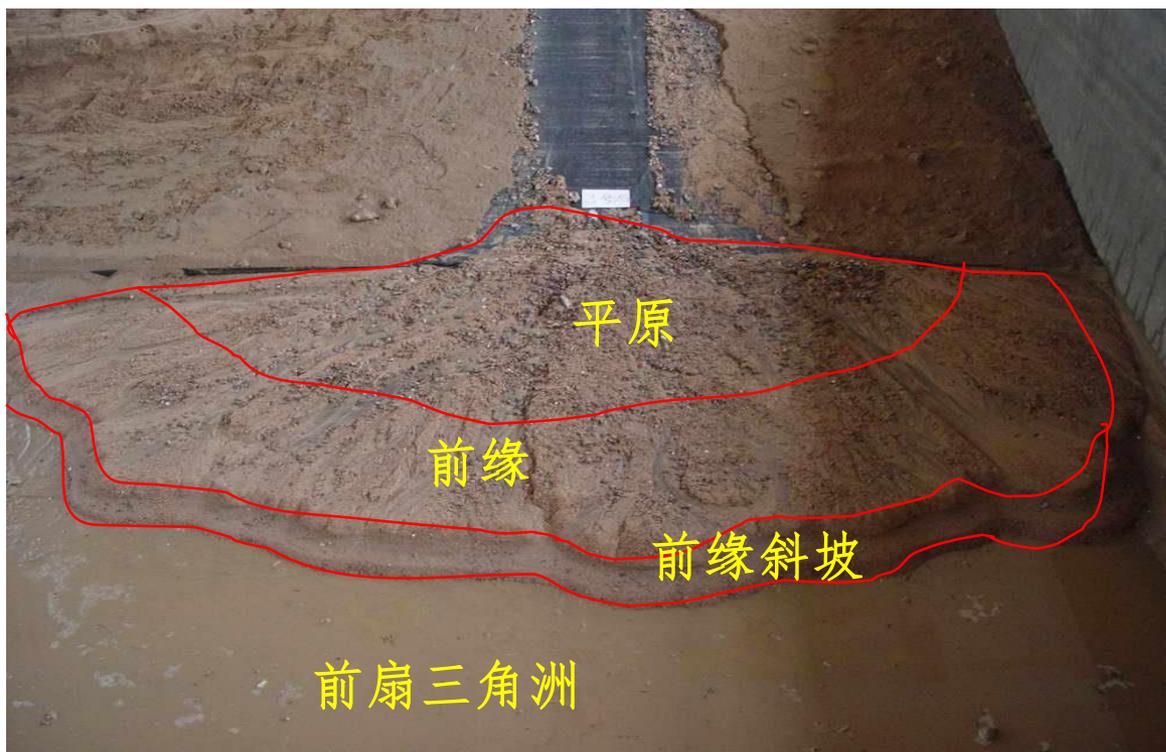
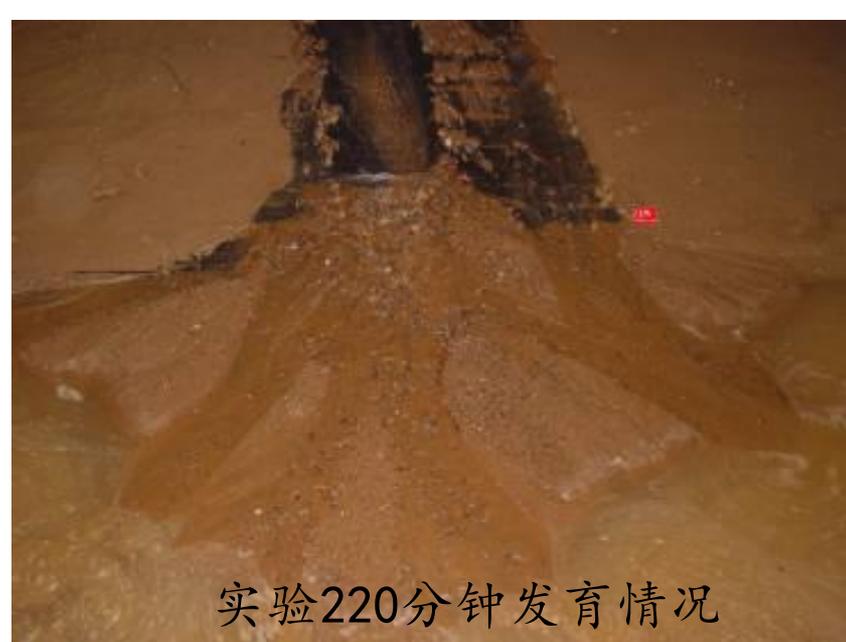
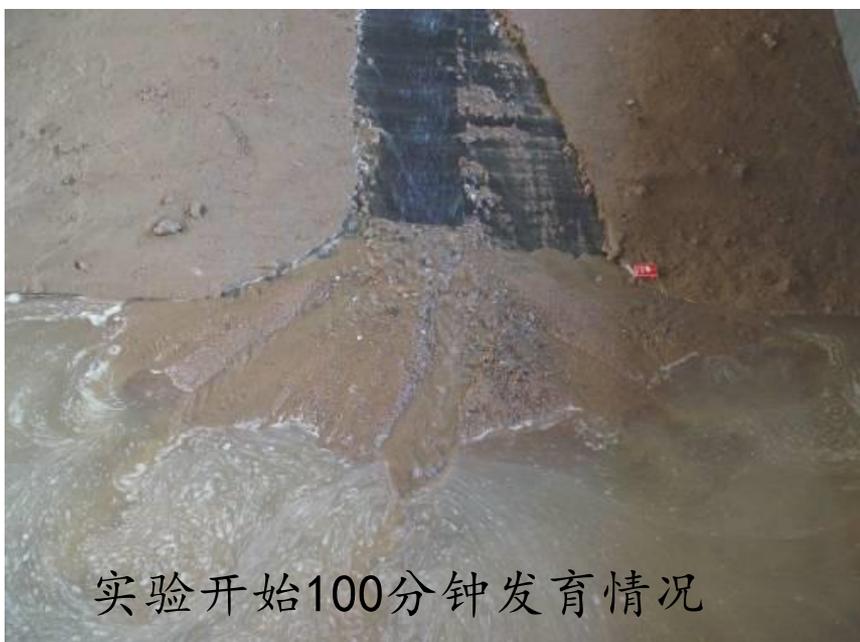
递变层理，砾岩氧化圈

第三节 扇三角洲相



水槽模拟实验室

长30m，宽10m，高1.4m；1个固定出水口，潜水泵为1个活动出水口；水池一侧有固定斜面，坡度 14° ，含砂水流从斜面上向下流动。



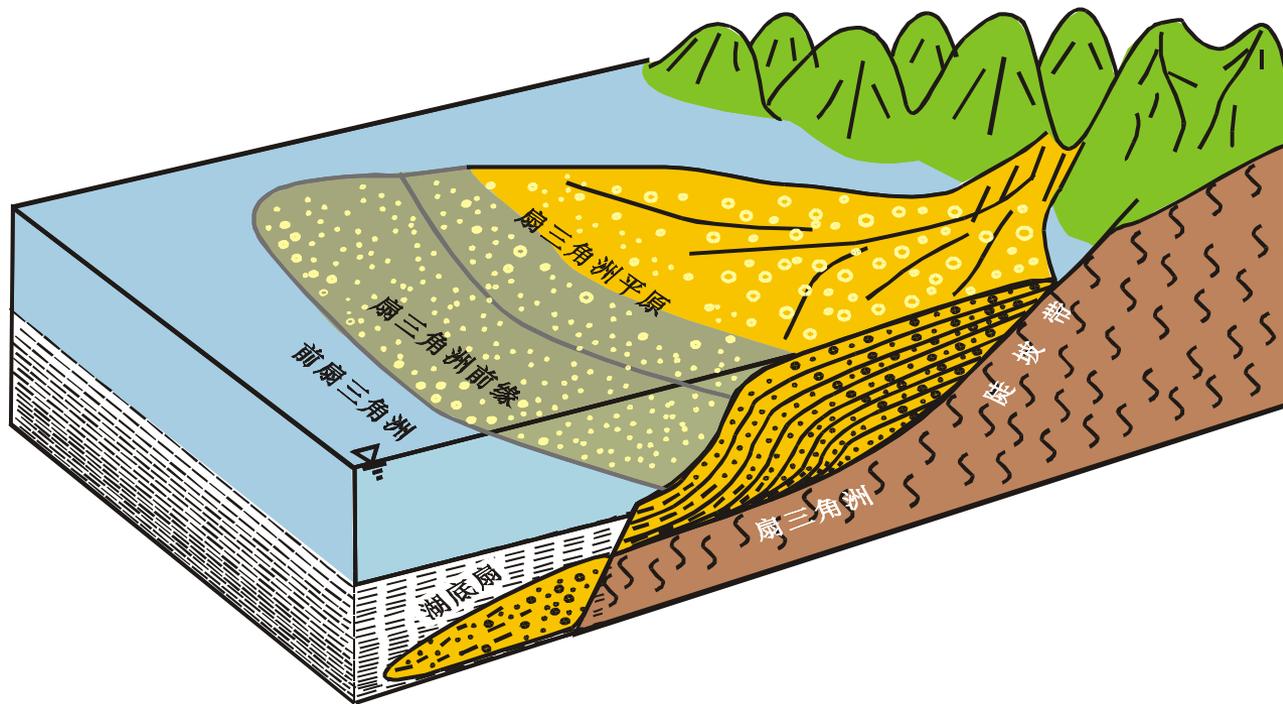
第三节 扇三角洲相

三、扇三角洲亚相沉积特征

扇三角洲平原：以牵引流和沉积物重力流的粗粒沉积物为特征，砂和砾互层，具不明显的平行层理或交错层理，分选差，具砂质基质。

扇三角洲前缘：牵引流构造很发育，常见大、中型交错层理；

前扇三角洲：以不规则分布的泥、砂和砾石的透镜状层为特点。



第三节 扇三角洲相

1、扇三角洲平原亚相

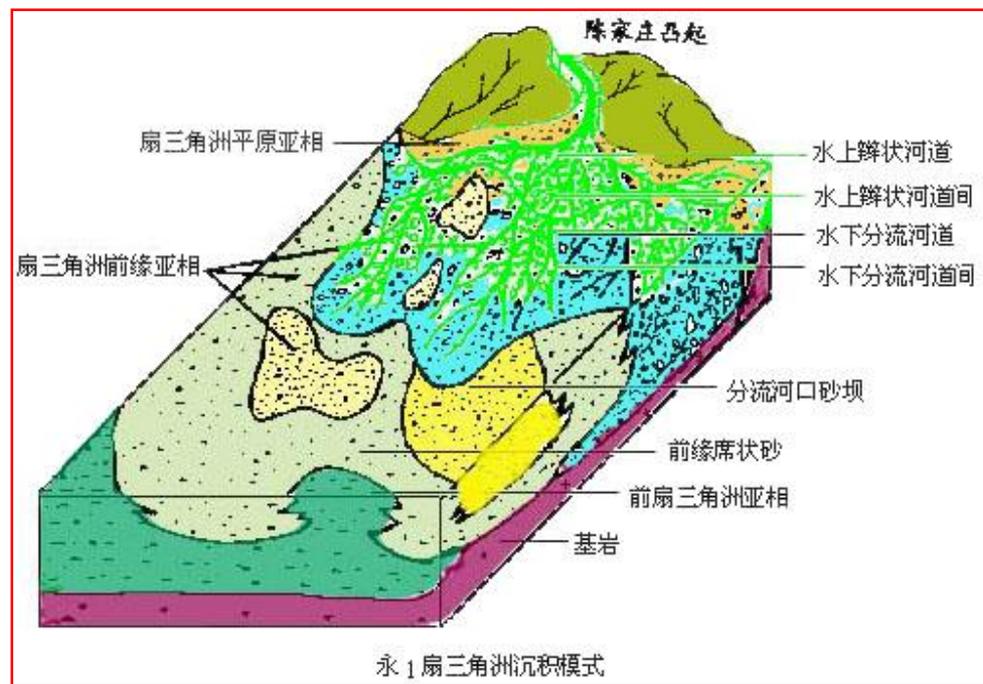
扇三角洲的陆上部分，辫状河道沉积为主，常含泥石流沉积。

沉积物：砂砾岩、杂色泥岩；

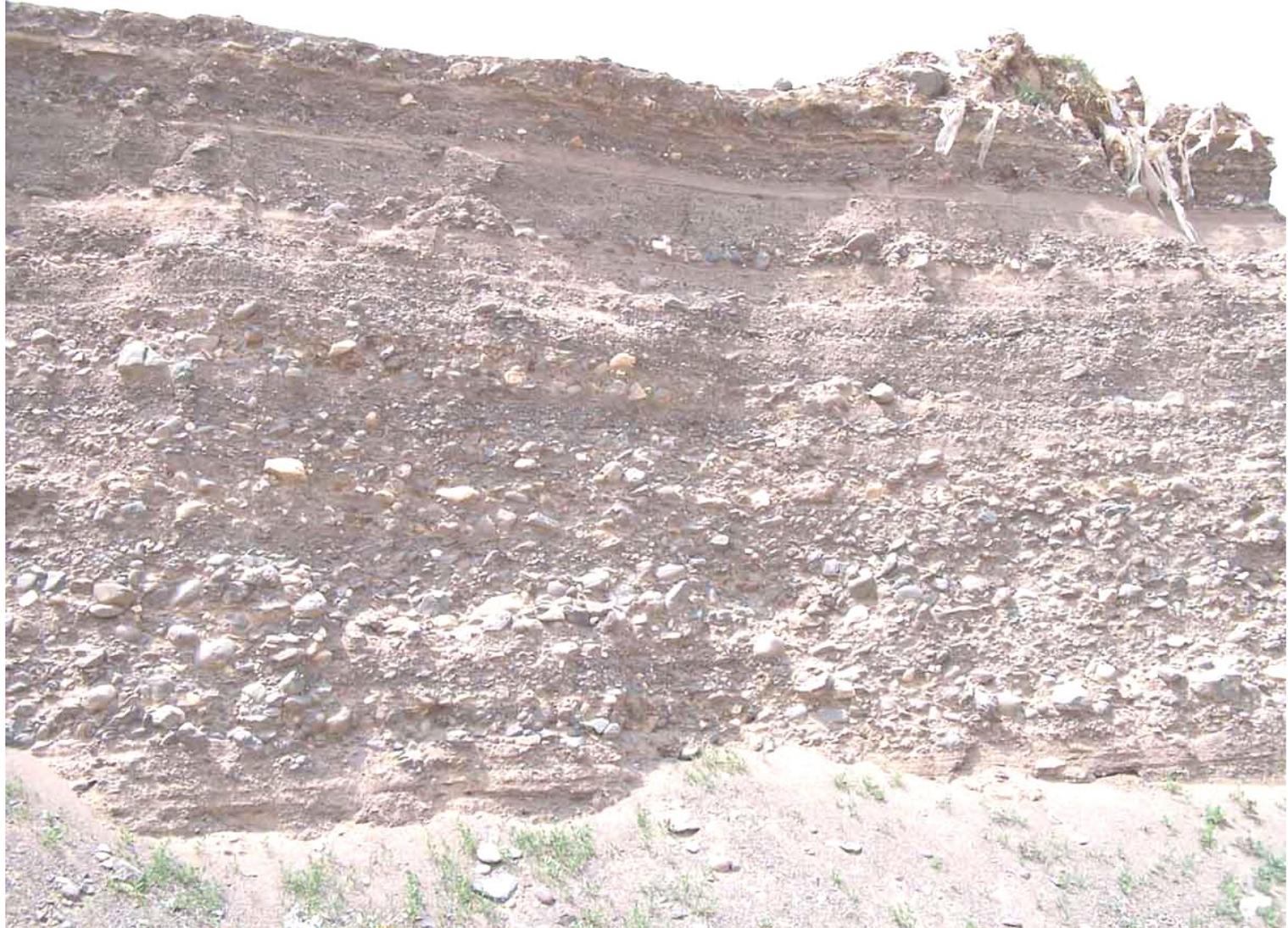
结 构：分选差，成熟度低；

构 造：较大型交错层理，平行、块状层理，暴露成因构造；

沉积微相：辫状分流河道、辫状分流河道间（漫滩沼泽）。



第三节 扇三角洲相

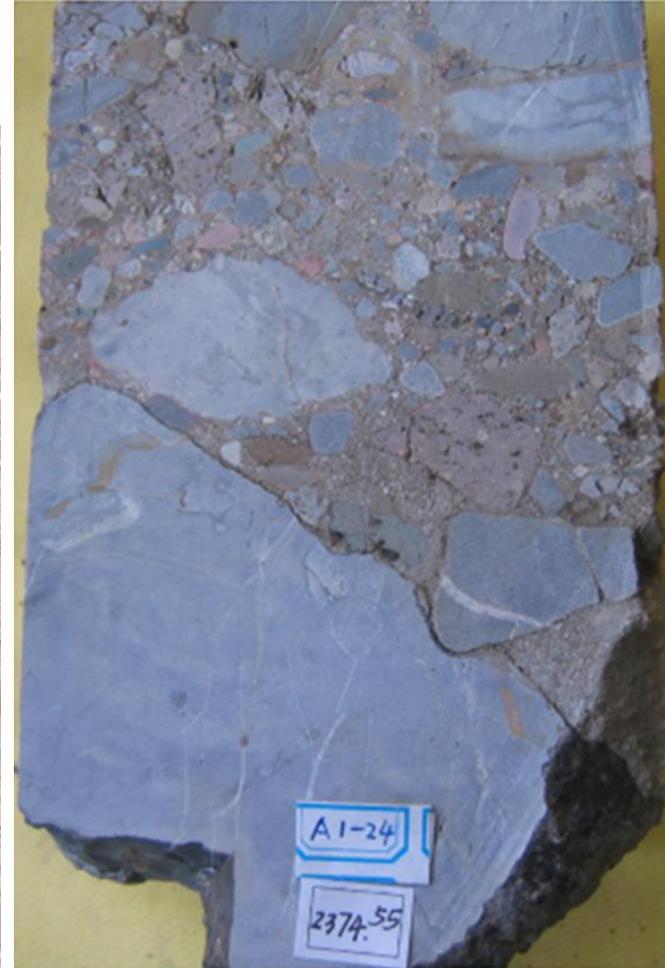


扇三角洲平原泥石流沉积

第三节 扇三角洲相



扇三角洲平原辫状分流河道微相



永1-24井2374.55m
正粒序，砾石据氧化边

第三节 扇三角洲相



扇三角洲平原漫滩沼泽微相
(辫状分流河道间)



永1-24井2369.7m
块状紫红色砂质泥岩



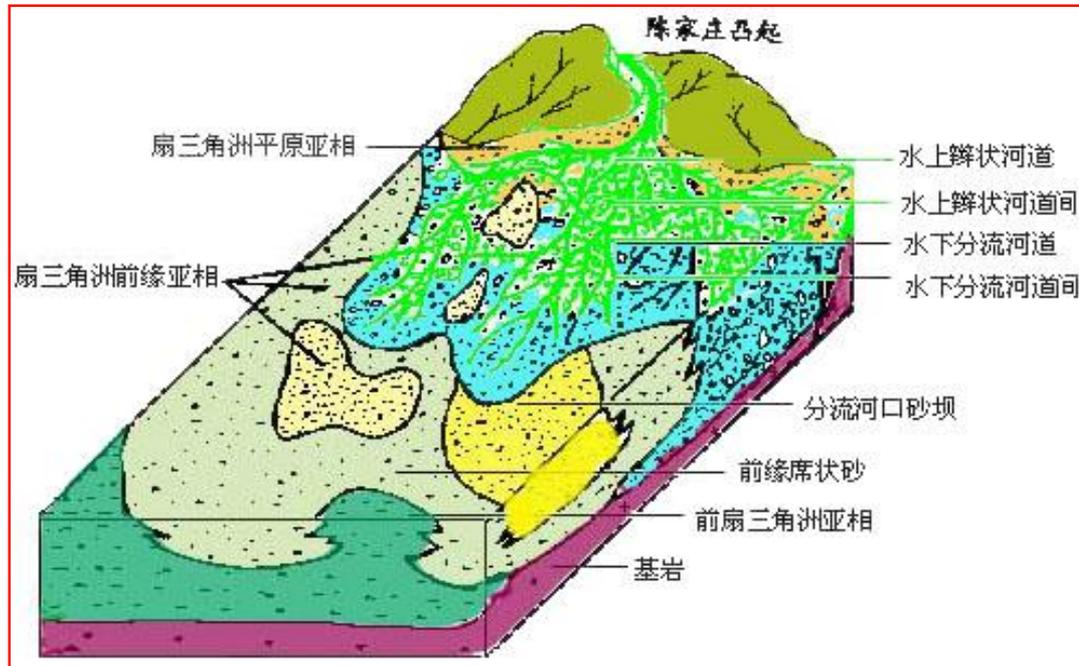
永1-24井2373.95m
块状紫红色粉细砂岩

第三节 扇三角洲相

2、扇三角洲前缘亚相

扇三角洲最主要的沉积相带，也是砂体最发育地区。牵引流沉积构造发育。发育四个微相：

- 水下分流河道
- 水下分流河道间
- 河口沙坝
- 前缘席状砂



第三节 扇三角洲相

(1) 水下分流河道微相:

陆上辫状河道的水下延伸，向前变浅、消失，最主要的微相类型。

沉积物: 砾岩、砂岩。

结构: 较陆上分选好。

构造: 板状、槽状交错层理，平行、粒序、块状层理，无暴露构造。

垂向: 多层叠置的正韵律。

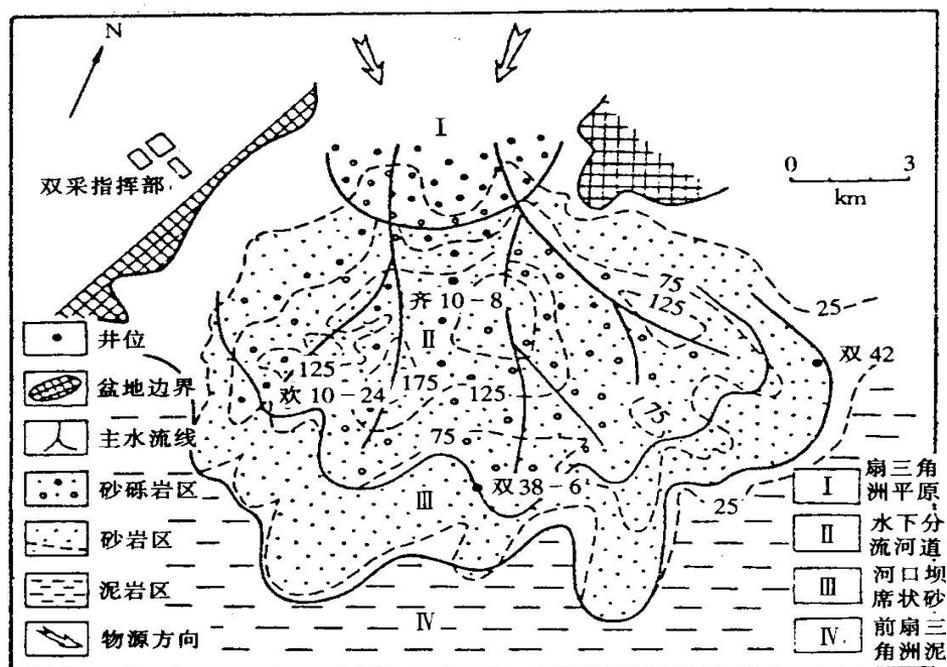


图 9-19 辽河西部凹陷西斜坡齐欢双地区沙二下段扇三角洲三带平面图

(据陈志勇, 1982)

第三节 扇三角洲相



第三节 扇三角洲相

(2) 水下分流河道间

沉积物：灰、灰绿色粉砂质泥岩，或薄层砂岩。

构造：水平层理、中小型层理、变形构造常见。

垂向上：常被分流河道冲刷。



第三节 扇三角洲相

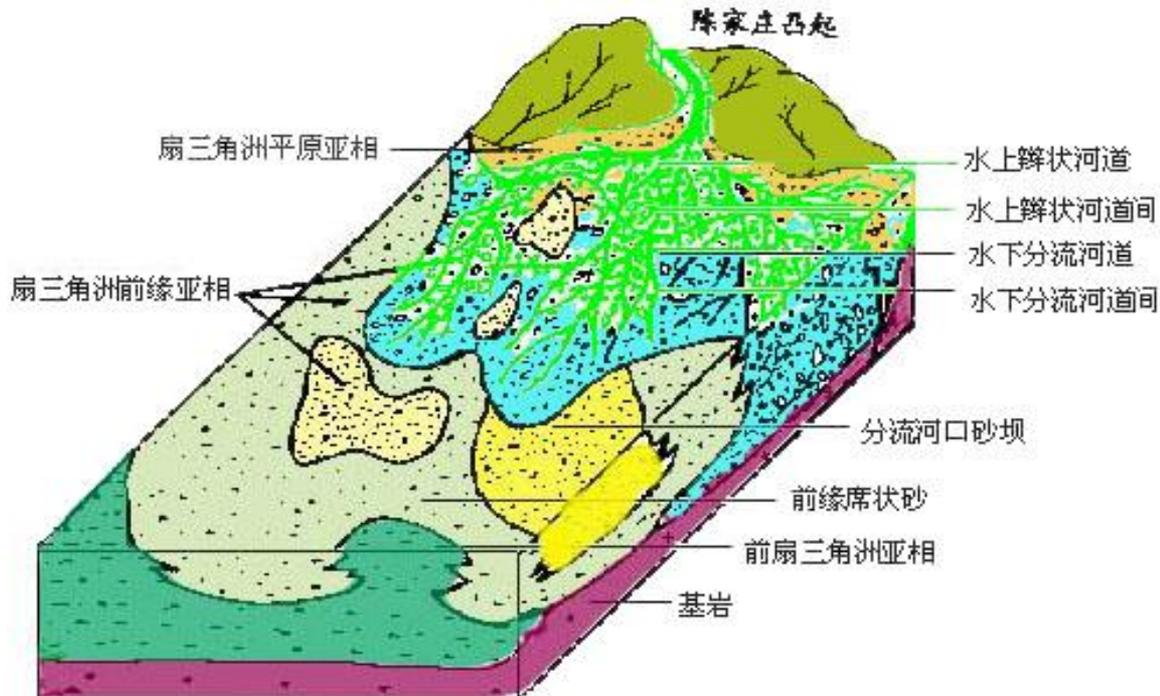
(3) 河口沙坝

前提：河道相对稳定，故一般不发育。

沉积物：砂为主，厚度较大。

结构：分选较好。

构造：反粒序层理、平行层理、中小型交错层理、低角度交错层理、无明显冲刷构造、变形构造、扰动构造等。



永1 扇三角洲沉积模式

第三节 扇三角洲相

扇三角洲前缘 河口沙坝



实验模拟



永1-5井，块状含油砂岩



滨420井，脉状、波状、透镜状层理

第三节 扇三角洲相

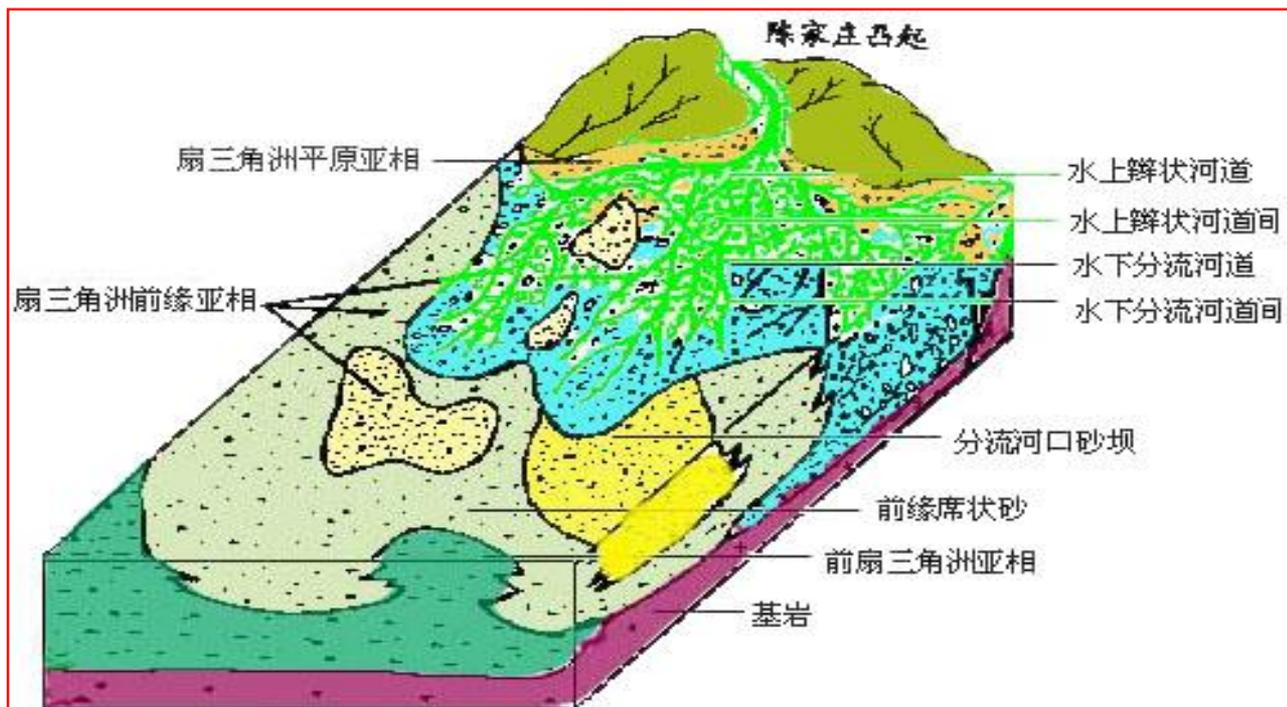
(4) 前缘席状砂

位于河口砂坝侧方或前方，波浪和沿岸流改造分流河道和河口坝，使沉积物重新分配，形成厚度薄的席状砂体。

沉积物：砂岩、粉砂岩，层薄。

结构：分选较好，

构造：小型交错层理、波状层理、生物潜穴



永1扇三角洲沉积模式

第三节 扇三角洲相

3、前扇三角洲

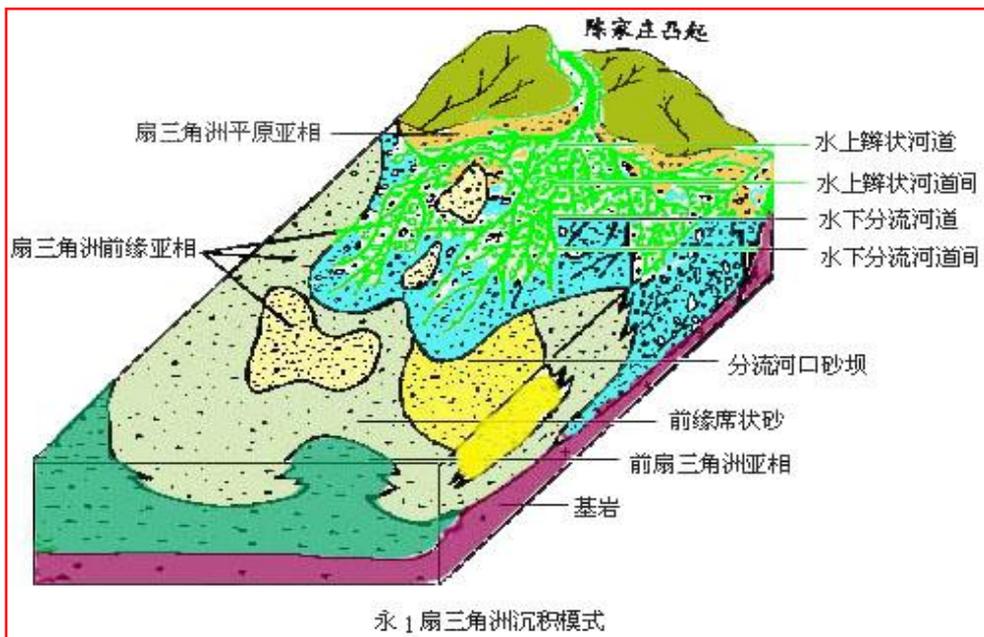
浪基面以下的较深水沉积。

沉积物：泥岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、油页岩；浊积扇砂体

颜色：灰色、灰黑色；

构造：波状、水平层理；

生物化石：丰富，含介形虫、鱼类等化石；



第三节 扇三角洲相

四、垂向层序

完整的建设型扇三角洲层序自上而下为：

- 扇三角洲平原砂砾岩和砾岩；
- 扇三角洲前缘河道砂岩、含砾砂岩；
- 扇三角洲前缘末端粉、细砂岩；
- 前扇三角洲泥岩

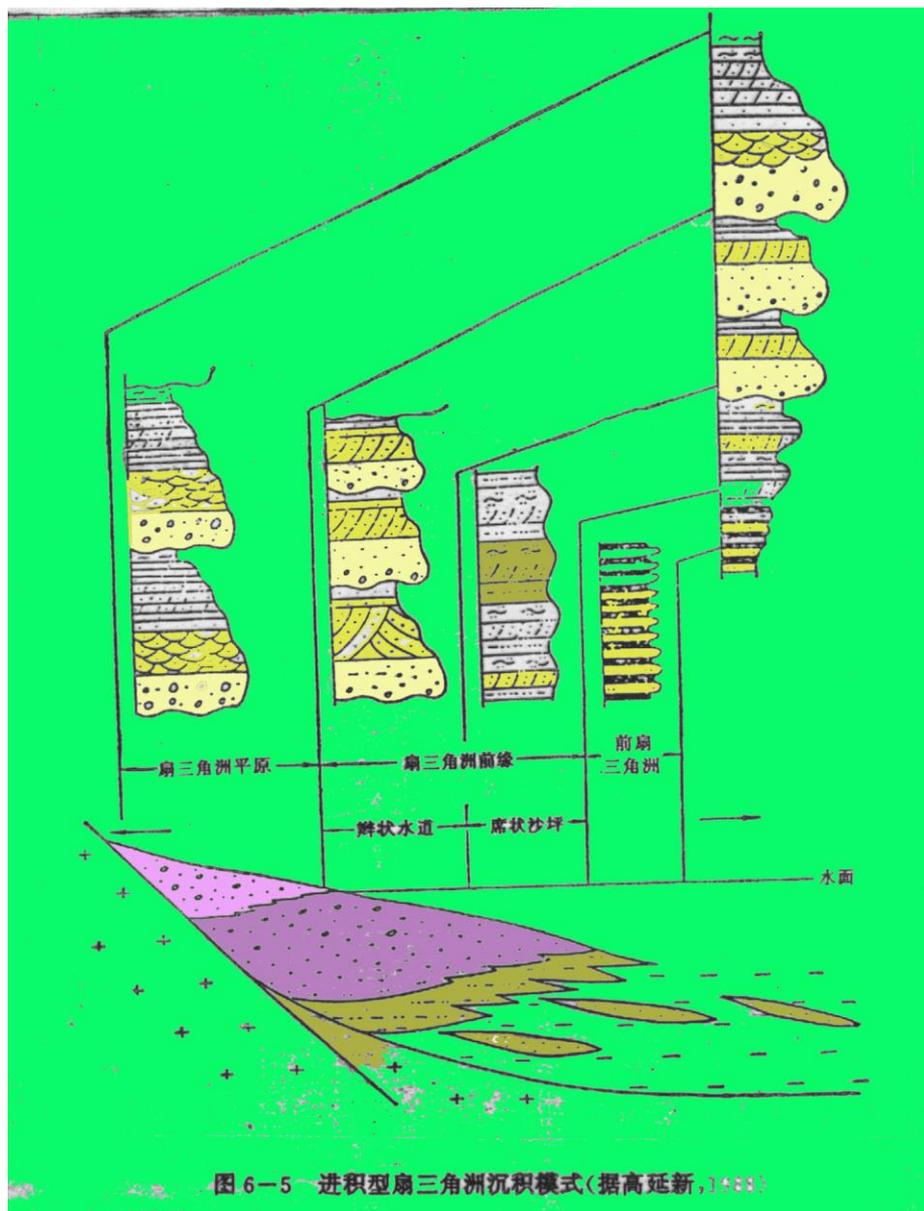


图 6-5 进积型扇三角洲沉积模式(据高延新, 1988)

第三节 扇三角洲相

扇三角洲与三角洲的区别：

1. 地形坡降大，是三角洲的几~几十倍。
2. 陆地方向为冲积扇，甚至直达山根。
3. 岩性粗，砂砾岩发育。
4. 水下河道更发育，但河口坝发育差。
5. 常成群出现，纵剖面楔状，尖灭快。
6. 面积相对较小，一般几~几十平方公里。

第四节 辫状河三角洲相

一、概念和形成条件

1、概念：

Mcpherson(1987)提出，指**辫状河前积到停止水体中（湖、海）形成的富含砂和砾石的三角洲。**

陆相盆地中很常见。

2、形成条件：

- 气候条件：受季节性洪水作用控制，半干旱-半潮湿的气候利于发育。
- 与源区的距离：海/湖与源区的距离适中；
- 地形条件：坡度较陡的地带，如湖盆的陡坡带；

第四节 辫状河三角洲相

二、沉积特征与相模式

- 辫状河三角洲平原
- 辫状河三角洲前缘
- 前辫状河三角洲

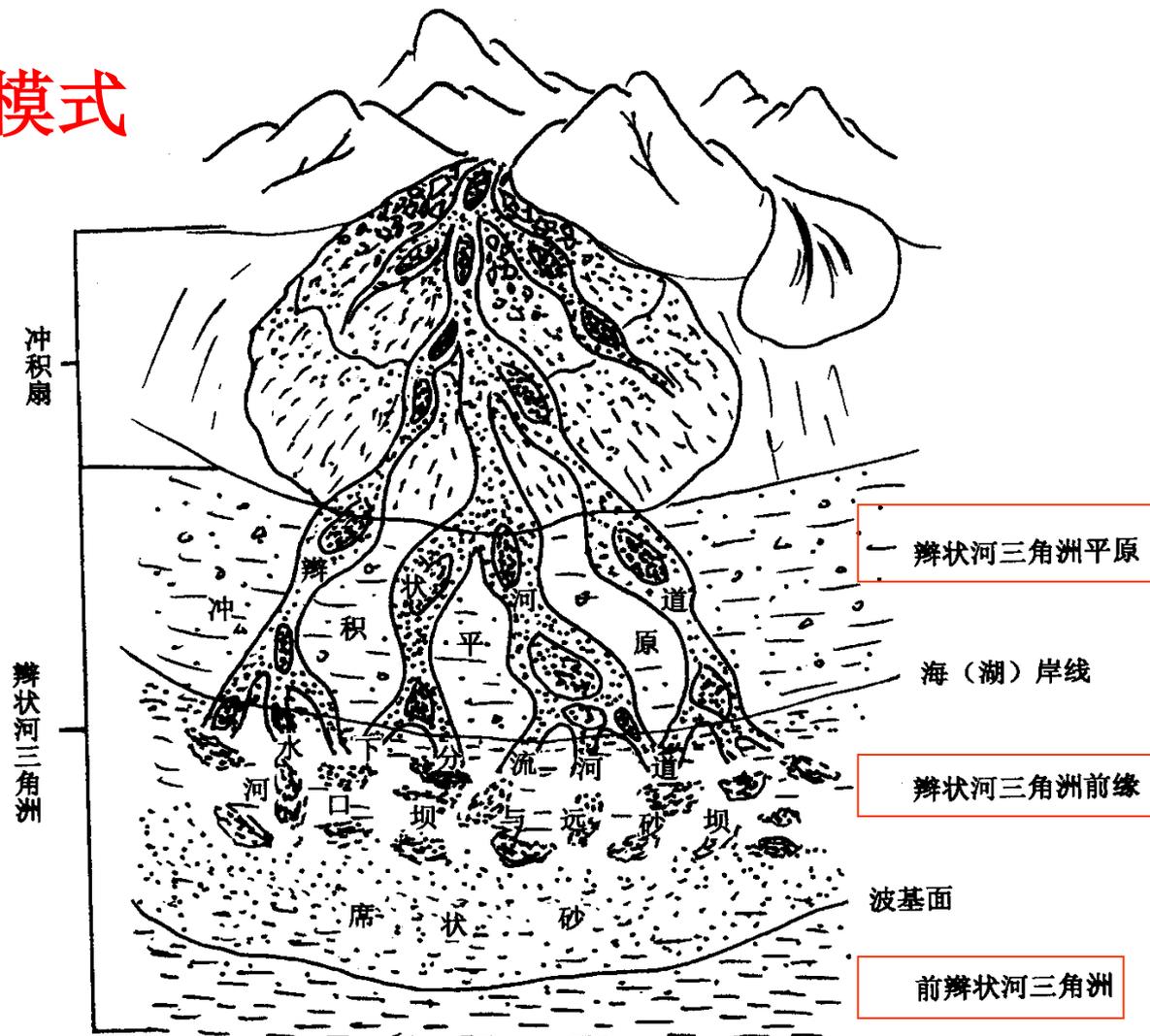


图 11-29 冲积扇—辫状河三角洲沉积体系

第四节 辫状河三角洲相

1. 辫状河三角洲平原

区分扇三角洲与辫状河三角洲的关键之一。

以典型的辫状河沉积为主，常见砾质，也有砂质。有相对稳定的主河道。

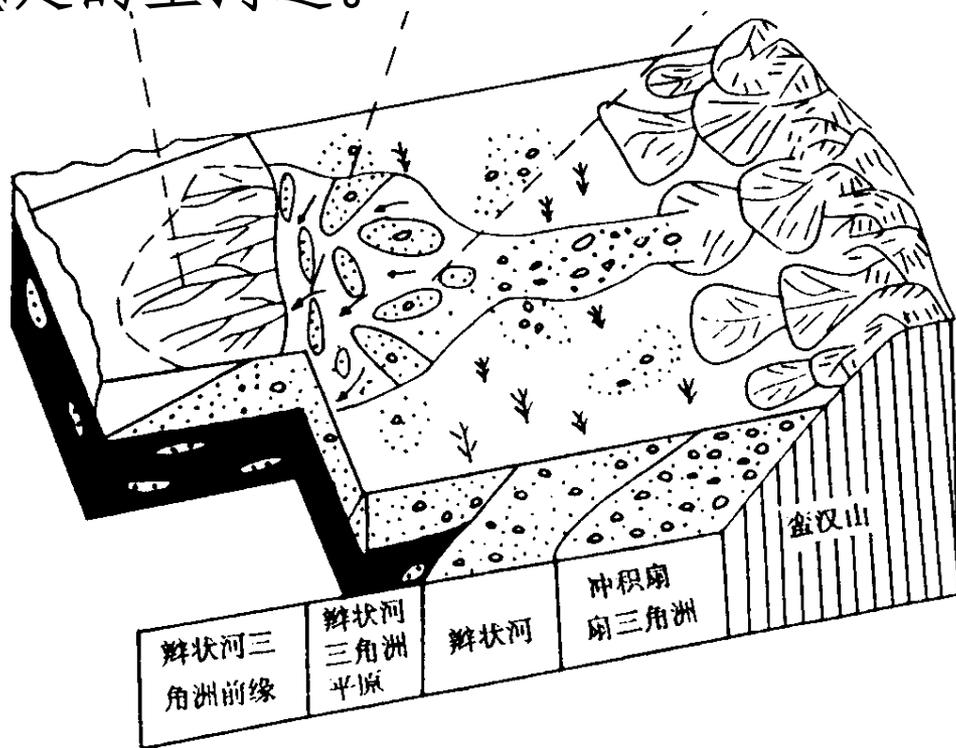


图 3-19 岱海北岸辫状河三角洲沉积模式及纵向序列

第四节 辫状河三角洲相

(1) 辫状河道沉积

以河道沙坝侧向迁移加积而形成的沉积物为主；

沉积物：较粗，以杂色砾岩、含砾砂岩及砂岩；

结 构：成分和结构成熟度较低；

构 造：冲刷面，大、中型板状和槽状交错层理，平行层理；

垂 向：多个向上变细的正粒序透镜状砂体叠置。

形 态：下凸上平的透镜状，岩层向两端收敛变薄、尖灭。

(2) 冲积平原/越岸沉积

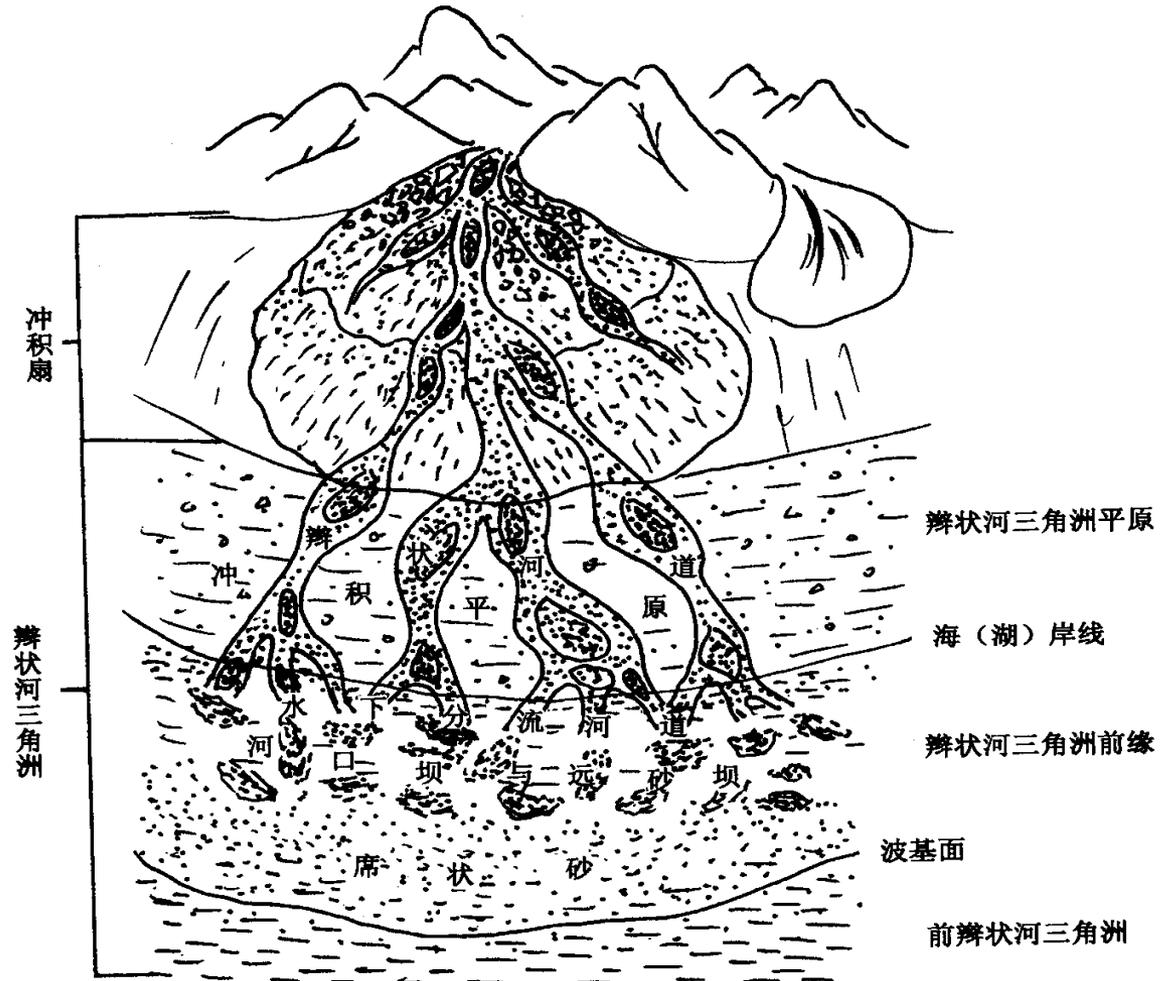
洪水期，水体漫越河道，在河道两侧形成一些积水洼地，发育细粒物质沉积。

沉积物：河漫沉积的杂色泥岩、粉砂岩。可含泥炭。

第四节 辫状河三角洲相

2. 辫状河三角洲前缘

包括：水下分流河道、分流河道间、河口沙坝、远砂坝、席状砂等微相。



第六节 辫状河三角洲相

2. 辫状河三角洲前缘

(1) 水下分流河道：

前缘的主砂体，是平原亚相辫状河道入海（湖）后在水下的延伸部分，沉积物在前缘亚相占90%以上。

沉积物：较粗，颗粒支撑砂砾岩为主；

结 构：成分和结构成熟度较低；

构 造：冲刷面，大、中型板状和槽状交错层理，平行层理；

垂 向：多个向上变细的正粒序透镜状砂体叠置。

单一透镜状砂体由下向上，细砾岩-含砾中、粗砂-中、细砂岩，厚度一般0.5-2m，少数可达5m。

形 态：下凸上平的透镜状，岩层向两端收敛变薄、尖灭。

第四节 辫状河三角洲相

(2) 水下分流河道间：水下分流河道间的漫溢沉积。

岩性：暗色泥岩、含粉砂泥岩、含泥粉砂岩；

构造：水平层理、小型槽状交错层理；

形态：透镜状；

(3) 河口沙坝：

因水下河道频繁的侧向迁移，河口坝**不发育或规模小**。

岩性：中、细粒砂岩，局部含砾山岩；

构造：反粒序层理，平行层理和中型交错层理；

垂向：反旋回；

(4) 远沙坝和席状砂：

前缘末端受波浪和沿岸流改造沉，横向延伸远，范围广，厚度薄。

岩性：粉砂岩和细砂岩组成；

结构：结构成熟度较高；

构造：反粒序层理，沙纹层理。

第四节 辫状河三角洲相

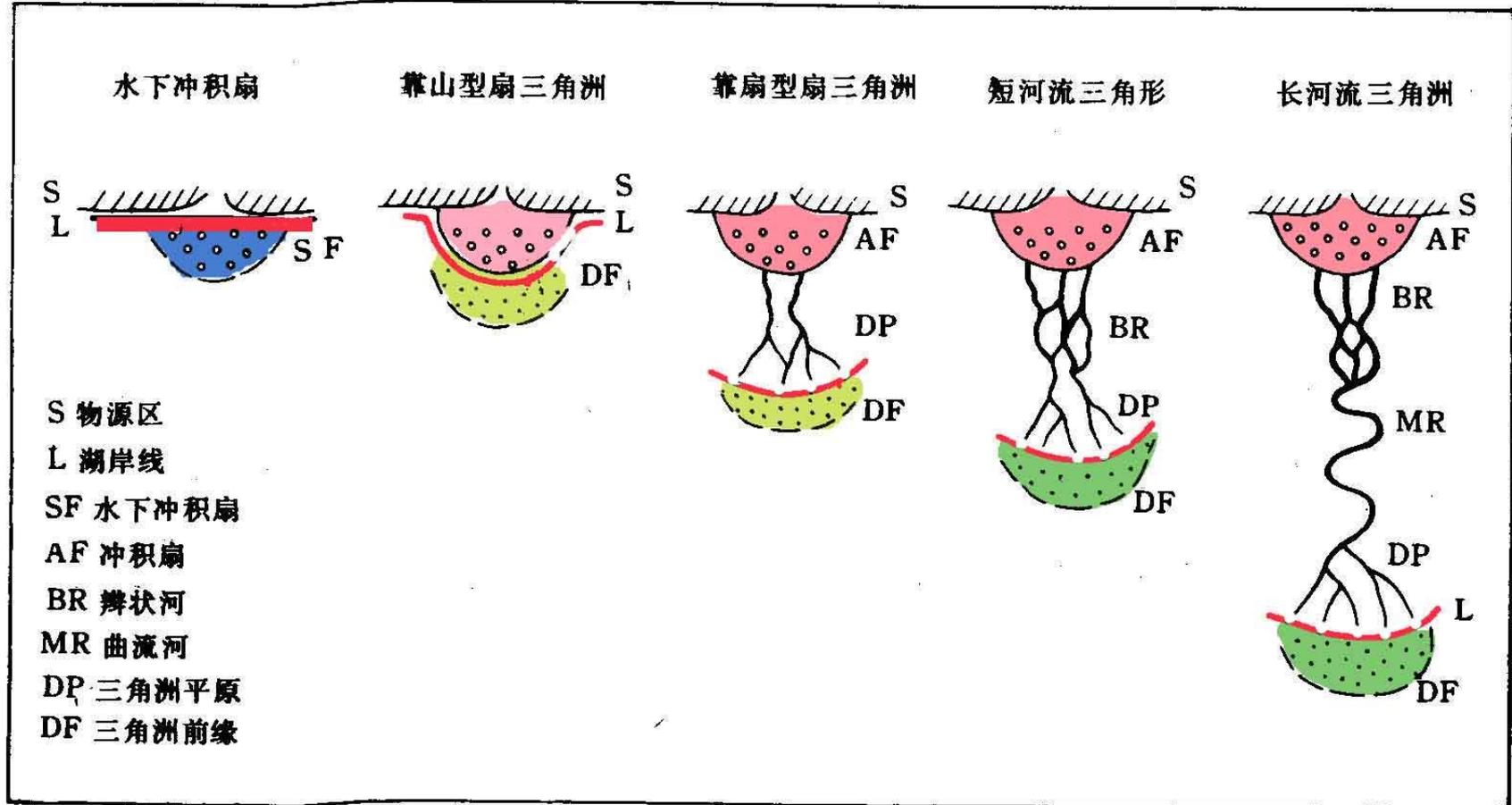
3、前辫状河三角洲：

岩性：暗色泥岩、含粉砂泥岩；
构造：水平层理、滑塌构造等。



第四节 辫状河三角洲相

三、与其他扇形砂体的关系



冲积成因砂体类型与湖岸线位置示意图吴崇筠 (1989)

扇三角洲 (主要为靠山型, 包括所谓的水下冲积扇)

第四节 辫状河三角洲相

辫状河三角洲与正常三角洲的区别：

(1) **供源**：辫状河三角洲由辫状河为供源，短流程；而正常三角洲以曲流河为供源，流程长。

(2) **沉积物**：辫状河三角洲平原的分流河道具辫状河的特征，碎屑颗粒较粗，砂、砾含量高（正常三角洲以砂、粉砂为主）；河道砂体无典型的“二元结构”特征；

(3) **微相**：辫状三角洲前缘水下分流河道发育，而河口坝则处于次要地位，这与正常三角洲有较大区别。

(4) **规模**：辫状河三角洲的个体比正常三角洲要小，但经常成群分布，尤其是地形坡度较陡时。

第四节 辫状河三角洲相

辫状河三角洲的沉积特征介于正常三角洲、扇三角洲沉积特征之间。

表 20-2 扇三角洲、辫状河三角洲与正常三角洲沉积特征对比

沉积类型 沉积特征	扇三角洲	辫状河三角洲	正常三角洲
沉积位置	紧邻物源区的、地形较陡的盆地边缘	距物源区较近的、地形较陡的盆地边缘	远离物源区的、地形较缓的盆地边缘
形成三角洲的河流类型, 水流性质	冲积扇直接进入盆地, 牵引流和泥石流	较近源的辫状河进入盆地, 牵引流	源远流长的曲流河进入盆地, 牵引流
沉积岩性和杂基	砂砾岩及杂色泥岩, 杂基含量高, 不稳定成分多	砂砾岩及灰绿色泥岩, 杂基含量高, 不稳定成分多	砂岩和暗色泥岩, 杂基含量低, 稳定成分多
沉积结构	粗粒, 混杂结构, 分选磨圆差	粗粒, 分选磨圆中等	细粒, 分选磨圆较好
沉积构造	冲刷面、块状构造不清楚交错层理, 干裂、雨痕	冲刷面、大型槽状和板状交错层理	多种交错层理、平行层理、波状层理、上攀层理、植物根
平原沼泽特征	不发育沼泽	局部发育沼泽	发育沼泽
河口沙坝	不发育河口沙坝	不太发育河口沙坝	发育河口沙坝
沉积旋回特征	发育多个间断正韵律	发育多个间断正韵律	发育反韵律、复合韵律
地震相	较为杂乱的楔形	具前积反射的楔形	典型前积反射
砂体形态	平面扇形, 规模小; 剖面楔形, 向盆地中央延伸距离较短 (几公里)	发育辫状河道, 平面扇形或舌形, 向盆地中央延伸几公里; 剖面板状、楔状	平面鸟足状或条带状, 规模大, 向盆地中央延伸几十公里; 剖面楔形、透镜状

第五节 古代三角洲沉积鉴别标志

一、岩性

- 砂岩、粉砂岩、粘土岩
 - 平原亚相常见泥炭或薄煤层
 - 没有或只有极少砾岩和化学岩

二、结构

- 成熟度较高；
 - 由陆向海，碎屑粒度和分选性变细变好

三、构造

- 板状和槽状交错层理、水平层理、波状和透镜状层理
- 流水和浪成波痕
- 冲刷—充填，变形构造、生物扰动

第五节 古代三角洲沉积鉴别标志

四、生物化石

- 海生和陆生生物化石混生
 - 海生生物化石多出现在层序的下部，向上减少；
 - 陆生生物化石向上增多。

五、垂向层序

- 复合旋回沉积层序（主体反旋回，顶部三角洲平原分流河道沉积为下粗上细正旋回）

六、砂体形态

- 平面——朵状、指状
- 纵剖面——帚状
- 横剖面——透镜状

第六节 三角洲与油气的关系

➤ 生油条件

- 前三角洲亚相泥质岩是有效的烃源岩——颜色深，厚度大，分布广，堆积速度快，有机质丰富——水体较深，埋藏后处于还原环境，有利于有机质的保存和向烃类转化。

➤ 储集条件

- 前缘水下分流河道、分流河口砂坝、远砂坝、席状砂等，也包括三角洲平原亚相分流河道砂岩，具有良好的储集物性。
- 砂体与前三角洲亚相紧密相邻，且位于烃源岩的上方，或被生油岩穿插包围，对早期油气充注，保存孔隙十分有利。

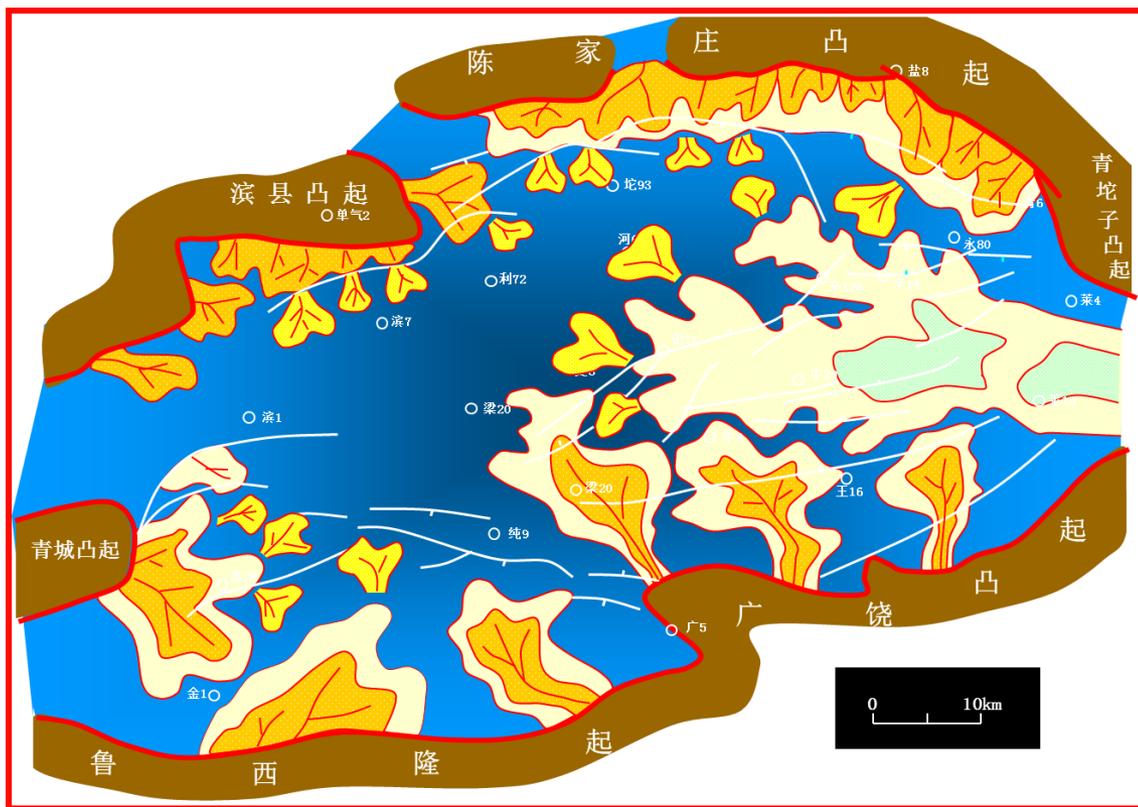
➤ 盖层条件

- 三角洲平原分流河道间泥质沼泽沉积和海进阶段形成的海相粘土岩，可作为良好的盖层和隔层。

第二节 三角洲沉积特征

东营三角洲:

- 自沙三下一沙二段沉积时期不断向前推进，最大覆盖面积达4300km²（约占凹陷面积80%）。
- 三角洲前缘特别发育，占三角洲分布范围的60~88%，沉积厚度300~400米，>80%是厚层砂岩，砂岩单层厚度达50米。



东营凹陷沙河街组沉积期东营三角洲分布图

本章重点：

一、三角洲相

- 主要类型★★★
- 亚相类型及特征★★★★★
- 相模式和相层序★★★★★
- 鉴别标志★★★★
- 与油气的关系★★★

二、扇三角洲相

- 概念★★★
- 亚相划分★
- 相模式和相层序★★★★ ★★★★★

三、辫状河三角洲相

- 概念★
- 亚相类型及特征★★★

对比分析三角洲、扇三角洲、辫状河三角洲的分布位置、形成条件、亚相类型、沉积特征、鉴定标志等等！！ ★★★★★