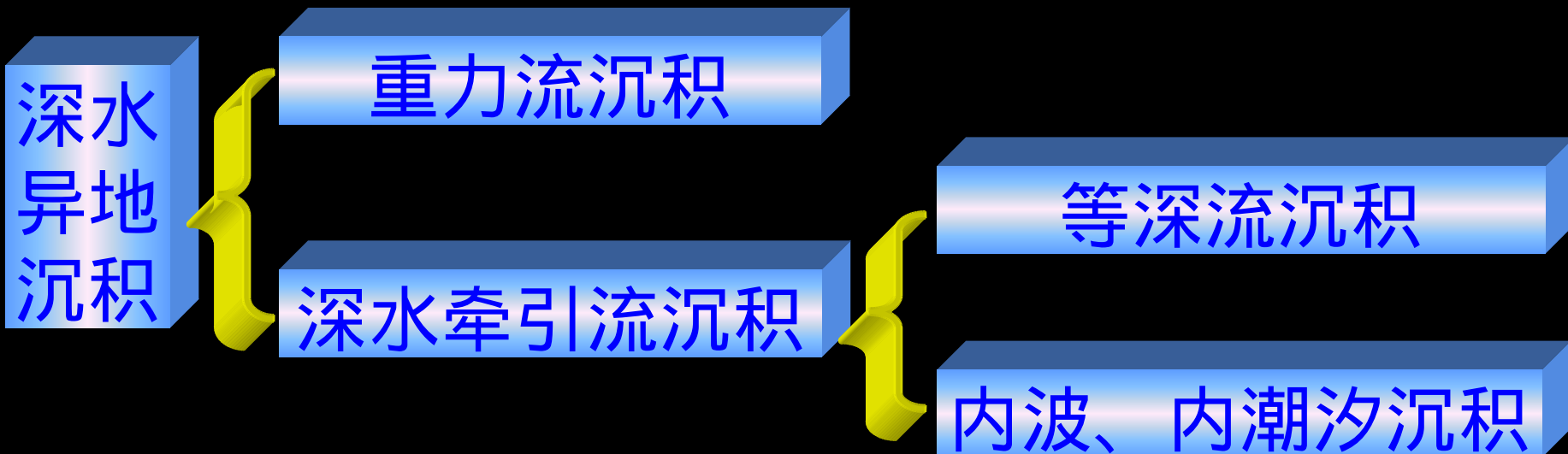




# 第九章 深水异地沉积

( Deep-water allogene clastic deposits )

**深水异地沉积**是指海洋（或湖泊）深水区分区经横向搬运而形成的沉积，它通常比原地垂直降落沉积的粒度粗。





# 第一节 深水重力流沉积

( Deep-water Gravity Flow Deposits )

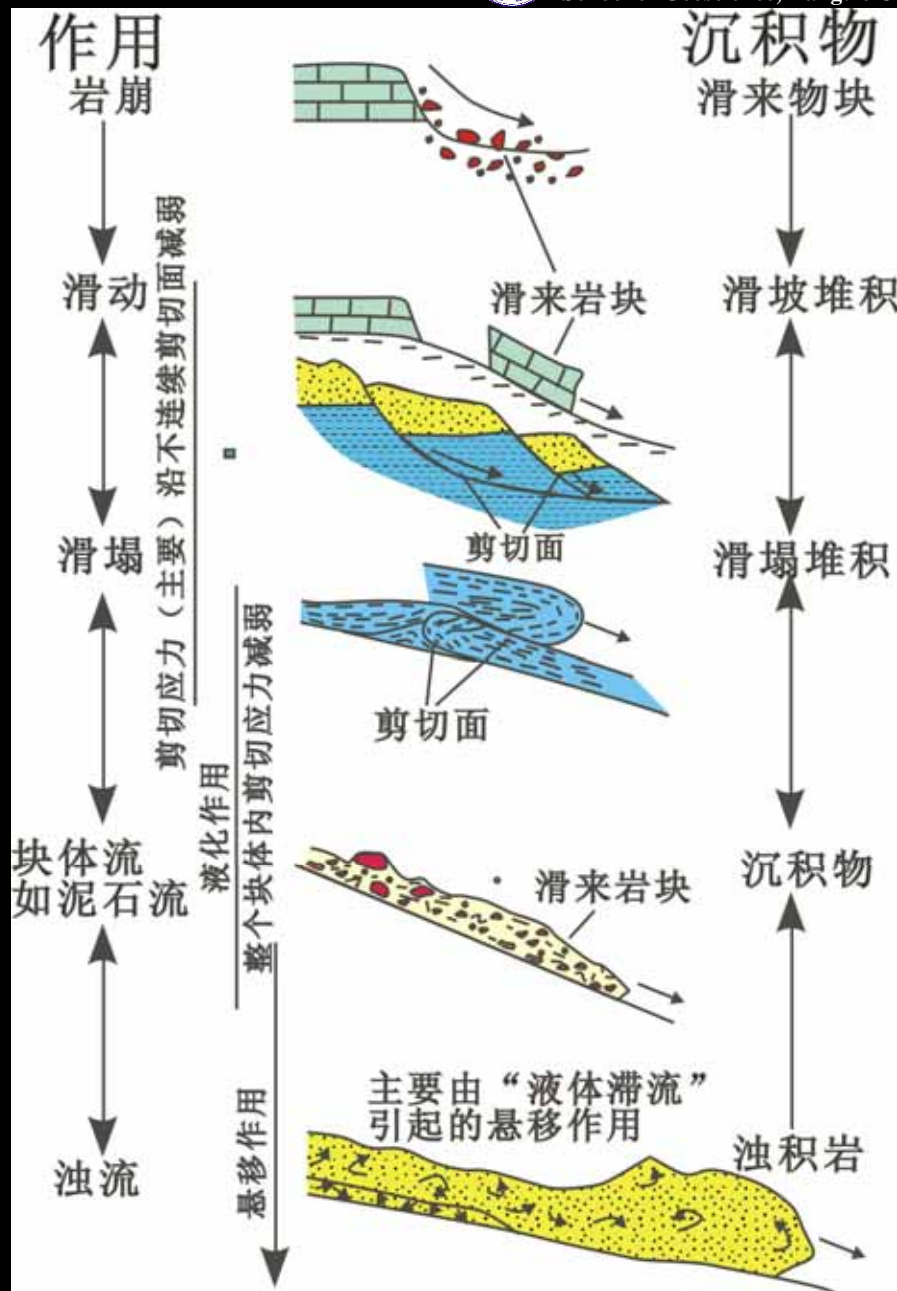
## 一、概述

**沉积物重力流**是指在重力作用下发生流动的弥散有大量沉积物的高密度流体。它常被简称为**沉积物流**或**重力流**，也称其为**块体流**。

**重力流**并不是特定沉积环境的产物，而是一种特定流体所形成的沉积物及其组合类型，可出现在**湖泊**、**冲积扇**中，但主要出现在**半深海**、**深海中**。

## 二、形成的基本条件

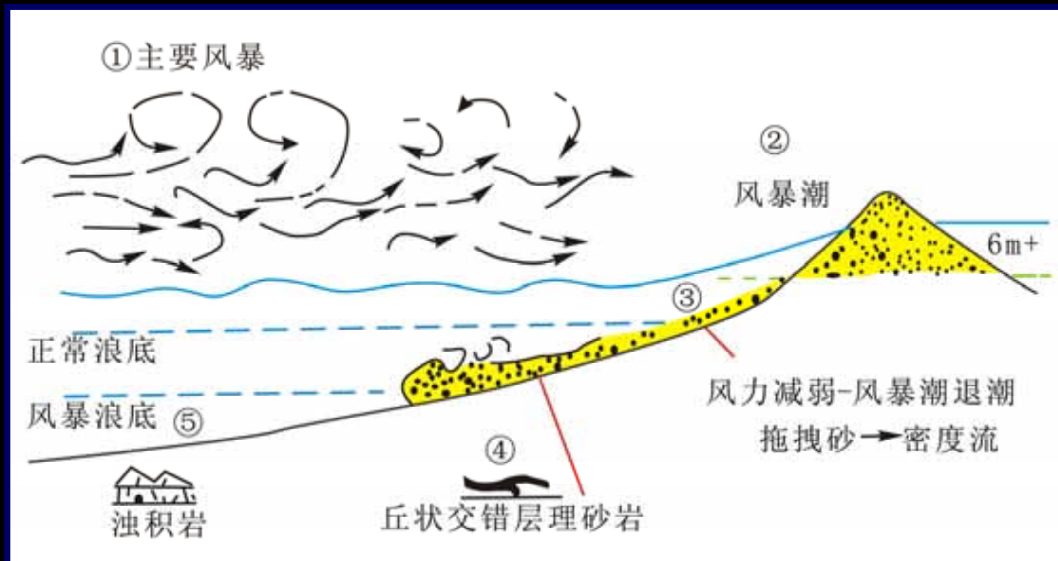
- ◆ 足够的水深
- ◆ 足够的坡度
- ◆ 充沛的物源
- ◆ 一定的触发机制



重力流的搬运过程 (据Kruit et al ,

## 足够的水深：

- 一般水深为1500~1800m，最小100m，最深8000m
- 足够水深是相对而言的，海洋中与湖泊中有较大差异
- 足够的水深确保重力流沉积物不被冲刷改造，必须在风暴浪基面以下





## 足够的坡度：

- 一般认为最小坡度为 $3\sim 5^\circ$
- 重力流的密度对坡度有**补偿作用**，只要有足够的密度差，最小坡度为 $2\sim 3^\circ$ 即可
- 足够的坡度是造成**沉积物不稳定**和**易受触发**而作块体流运动的必要条件



## 充沛的物源：

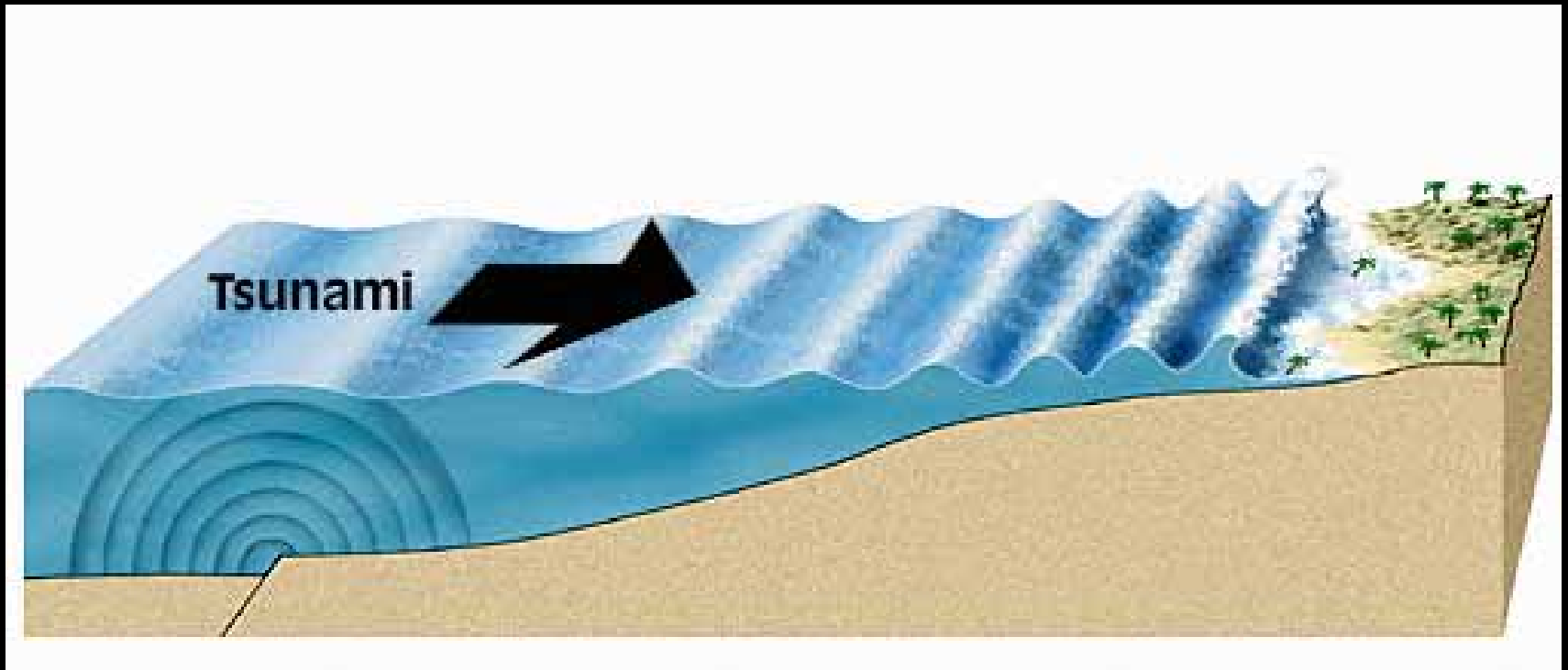
- 洪水注入的碎屑物质
- 火山喷发的喷溢物质
- 浅水的碎屑物质
- 碳酸盐物质

物源的成分决定重力流沉积物类型。



一定的触发机制：

洪水、地震、海啸、巨浪、风暴潮、火山喷发





### 三、重力流的分类

1. 按照物质成分可分为：硅质碎屑重力流、碳酸盐重力流、火山碎屑重力流等。
2. 按照形成场所可分为：海洋重力流、湖泊重力流、陆地重力流等。
3. 按照沉积物支撑机理可分为：碎屑流、颗粒流、液化流、浊流等。





# 根据力学性质划分的块体搬运类型 (据Nardin et al., 1979)

块体搬运作用		力学性质	沉积物搬运和支撑机理	沉积物构成	
岩崩		弹性	沿较陡的斜坡以单个碎屑自由崩落为主，滚动次之	颗粒支撑的砾石，无组构在开放网络中杂基含量不等	
滑坡	滑动		沿不连续剪切面崩塌，内部很少发生变形或转动	层理基本上连续未变形，可在趾部和底部发生某些塑性变形	
	滑塌		塑性界线	沿不连续剪切面崩塌，伴有转动，很少发生内部形变	具有流动构造，如褶皱、张断层、擦痕、沟模、旋转岩块
沉积物重力流	块体流	塑性	剪切作用分布在整个沉积物块体中，杂基支撑强度主要来自粘附力，次为浮力，非粘滞性沉积物由分散压力支撑，流动高浓度时呈惯性，低浓度时呈粘性。一般发育在较陡的坡度	杂基支撑，随机组构，碎屑的粒度变化大，杂基含量不等，可有反向粒级递变，流动构造，撕裂构造	
				颗粒流	惯性粘性
	流体流	粘性	流体界线	松散的构造格架被破坏，变为紧密格架，流体向上运动，支撑非粘性沉积物，坡度 $>3^\circ$	泄水构造，砂岩脉，火焰状—重荷模构造、包卷层理等
				孔隙流体逸出支撑非粘性沉积物，厚度薄 ( $<10\text{cm}$ )，持续时间短	
				浊流	由湍流支撑



## 四、重力流沉积的类型和特征

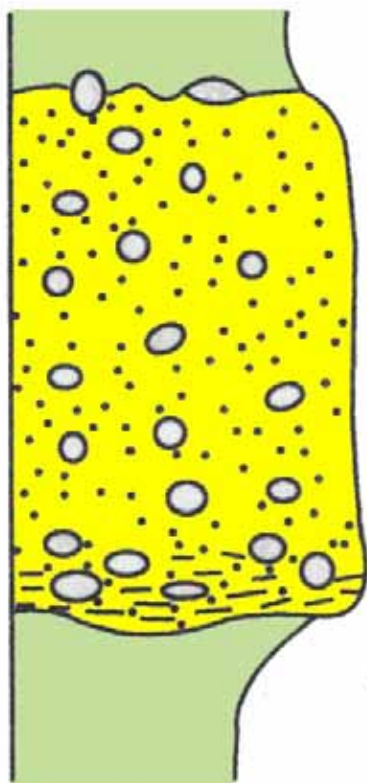
### 1. 碎屑流 ( debris flow ) 沉积

**流体性质**：砾、砂、泥和水混合的高密度流

**结构**：泥和水混合组成杂基，砂和砾悬浮，通常呈块状，无分选、无粒序，顶部有时可显正粒序

**运动机制**：依靠杂基的浮力运动

**产状**：充填体（发育在水道中）、席状



不规则的顶部  
(大颗粒凸出)

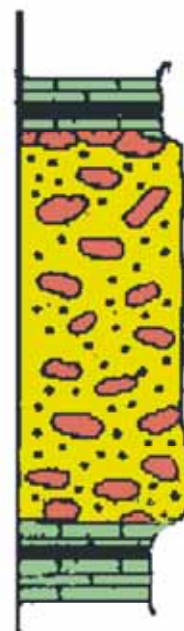
块状  
分选差  
无定向构造

如果有也是差的粒级  
递变层(粗粒尾)

“剪切的”底部带  
底面上有宽的冲刷痕

### 碎屑流沉积层序

(据 Middleton and Hampton, 1978)



顶面因大砾屑突出  
而呈波状起伏

粗砾屑灰岩。块状、无任何  
层理、分选差，粗大的砾屑  
“漂浮于较细的砾屑之中”

底面较平整

A1 碎屑流



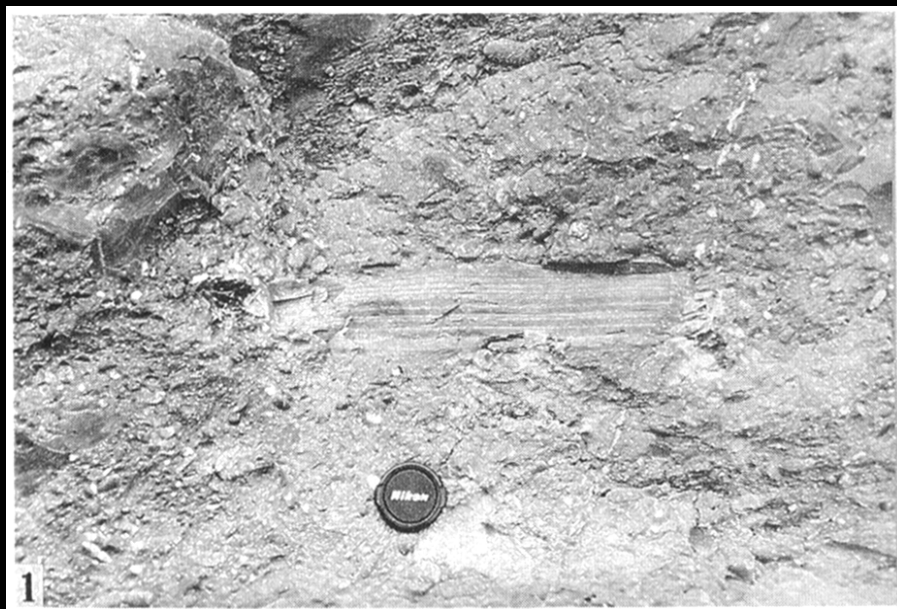
顶面较平整

粗砾屑灰岩  
具粗尾粒序

底具截切面

A2 碎屑流

## 碎屑流沉积的层序模式





海南福山  
凹陷下第  
三系流沙  
港组碎屑  
流沉积





## 2. 颗粒流 ( grain flow ) 沉积

颗粒相互碰撞产生分散压力，基质很少（**颗粒支撑**）。因而颗粒流要求**坡度陡**。颗粒流规模小，在自然界中不太常见。

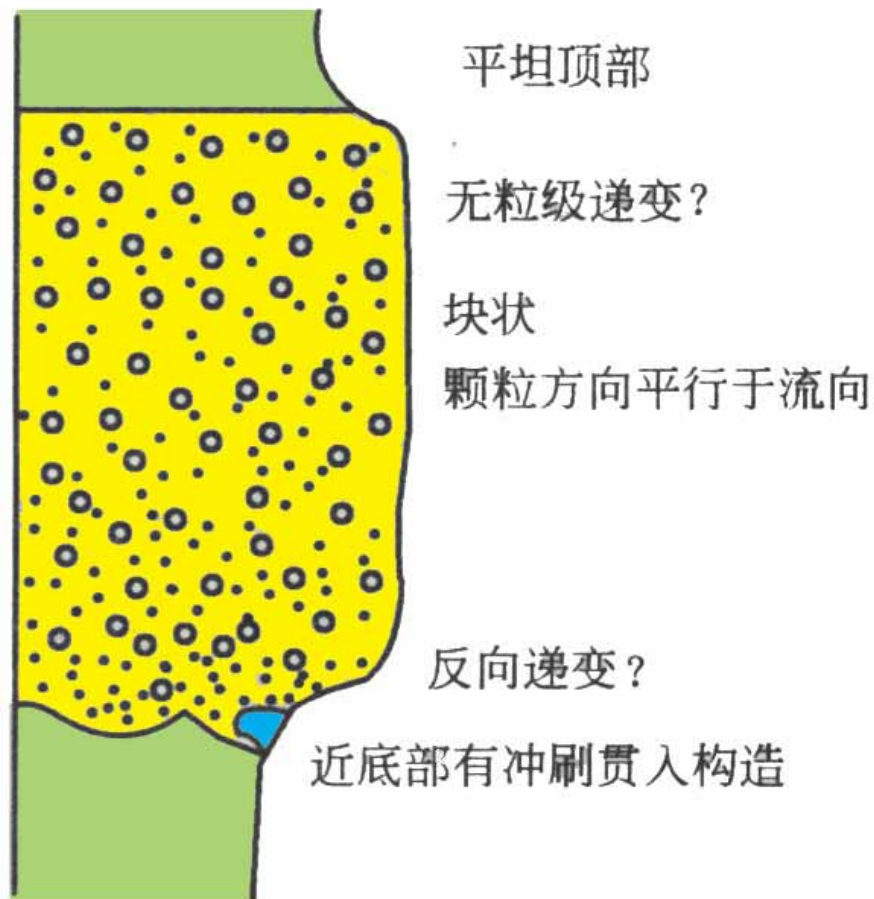
**结构构造：**

块状无层理

中下部反粒序，顶部正粒序

常见撕裂砾石

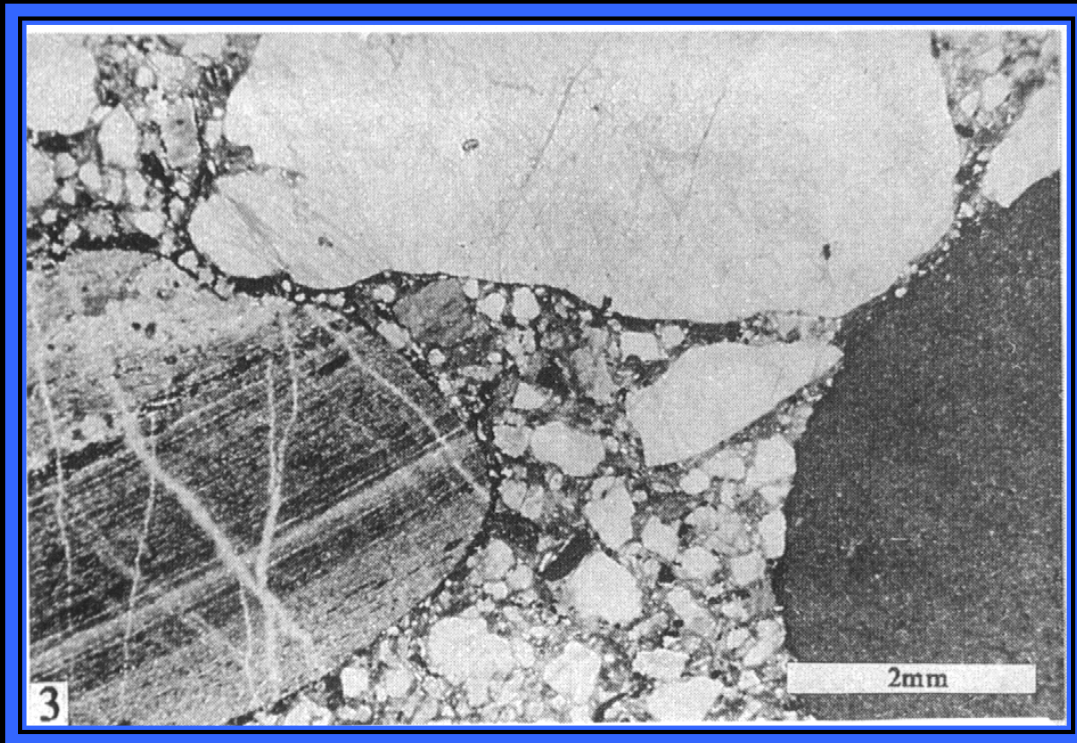
贫基质，常见亮晶胶结



### 颗粒流沉积层序

(据 Middleton and Hampton, 1978)

# 颗粒流沉积的层序模式





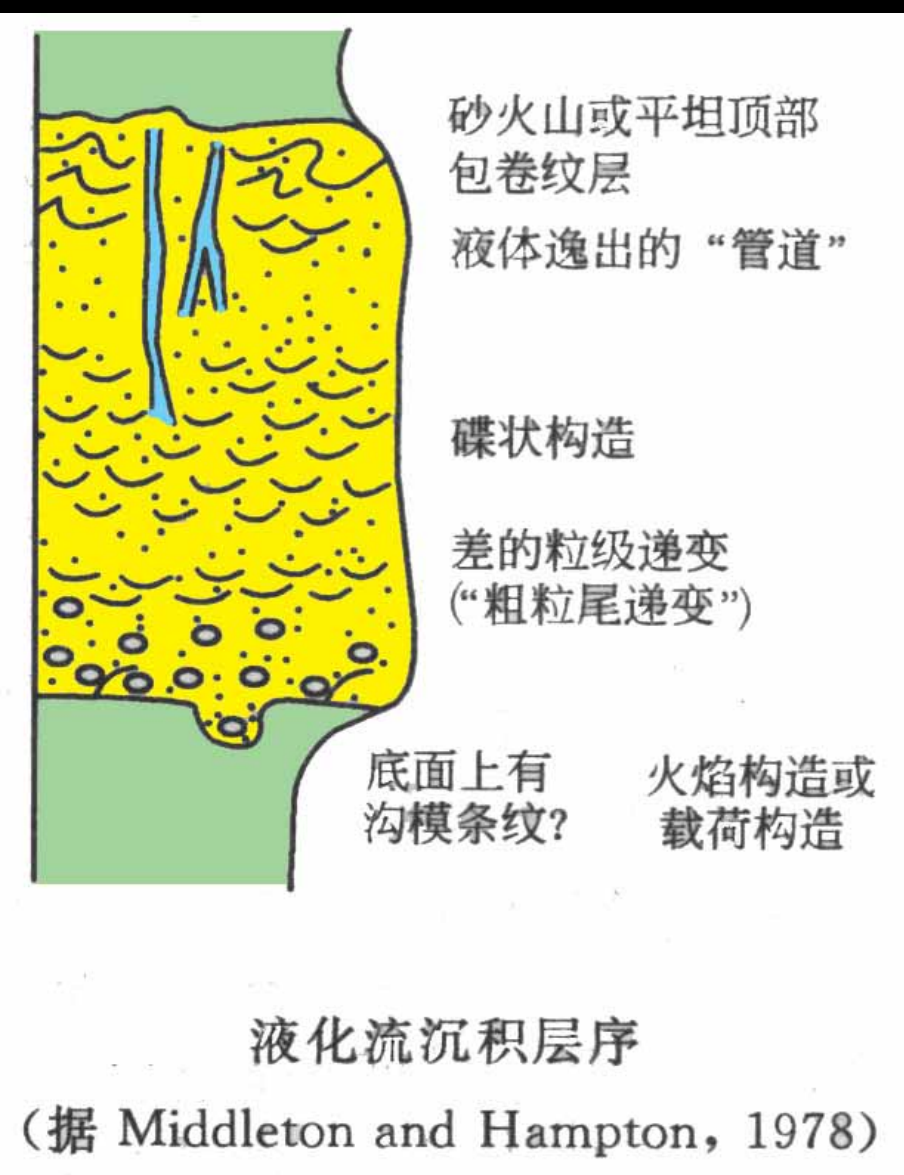
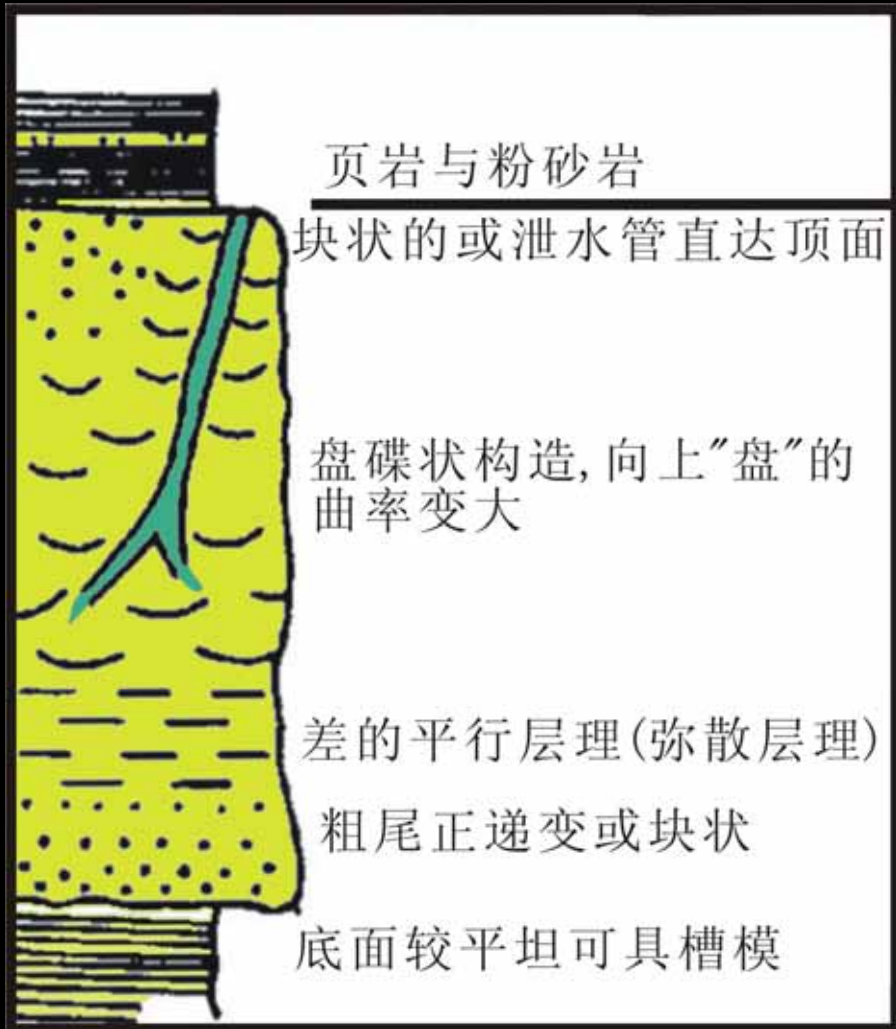


### 3. 液化流 (liquefied flow) 沉积

**形成条件**：快速堆积，沉积物中饱含水

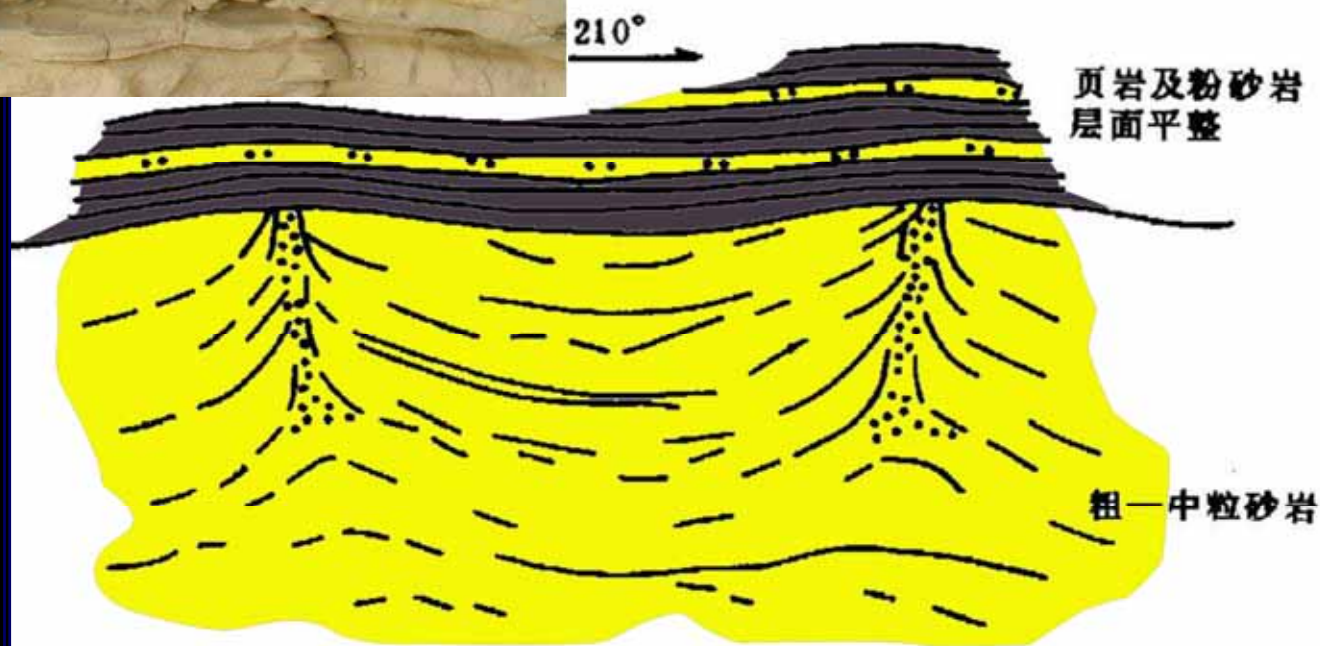
**结构**：沉积物较细，以中细砂岩为主，成分成熟度和结构成熟度都低

**构造**：通常为块状层理，向上为不太发育的平行纹层，再向上为盘碟构造段，有时可见泻水管构造。



液化流沉积层序模式





液化流沉积中的泄水管构造素描图  
(云南宁蒗牛克夕, 下泥盆统班满到地组中部)

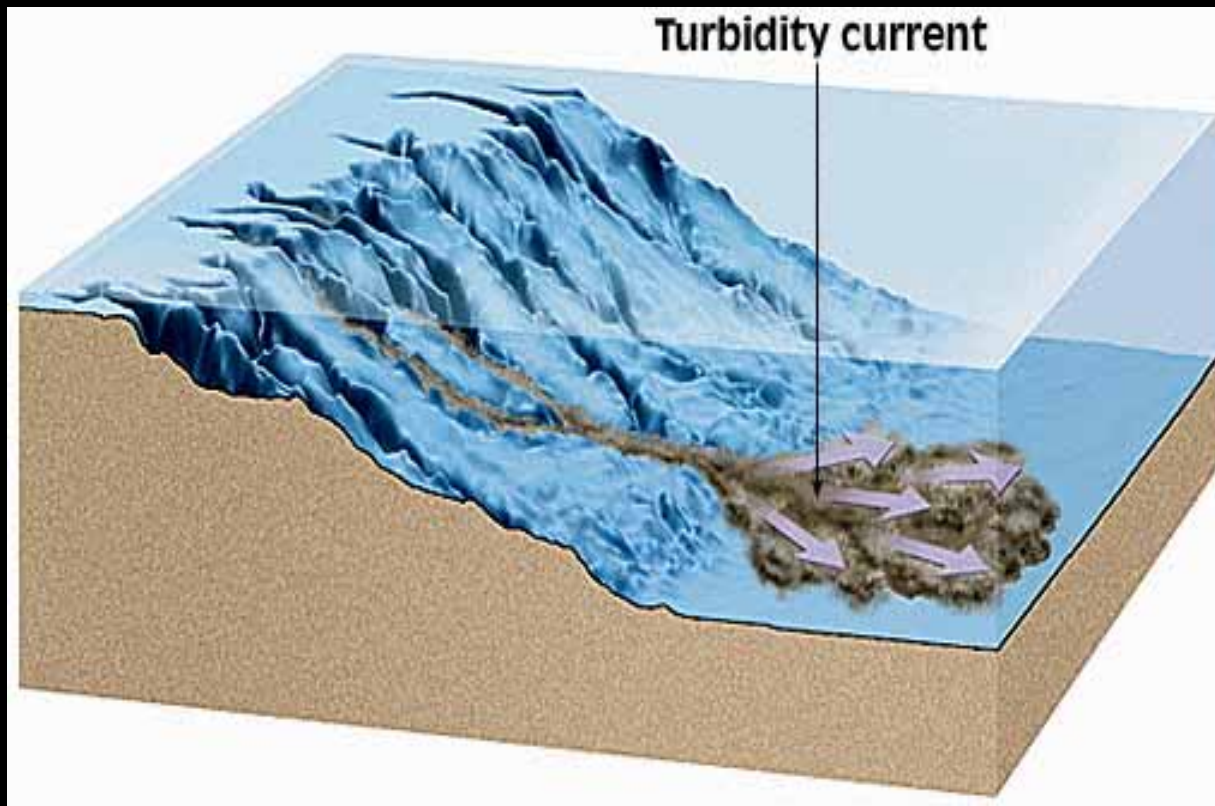


## 4. 浊流 ( turbidity current ) 沉积

浊流是靠液体的湍流来支撑碎屑颗粒，使之呈悬浮状态，在重力作用下发生流动。

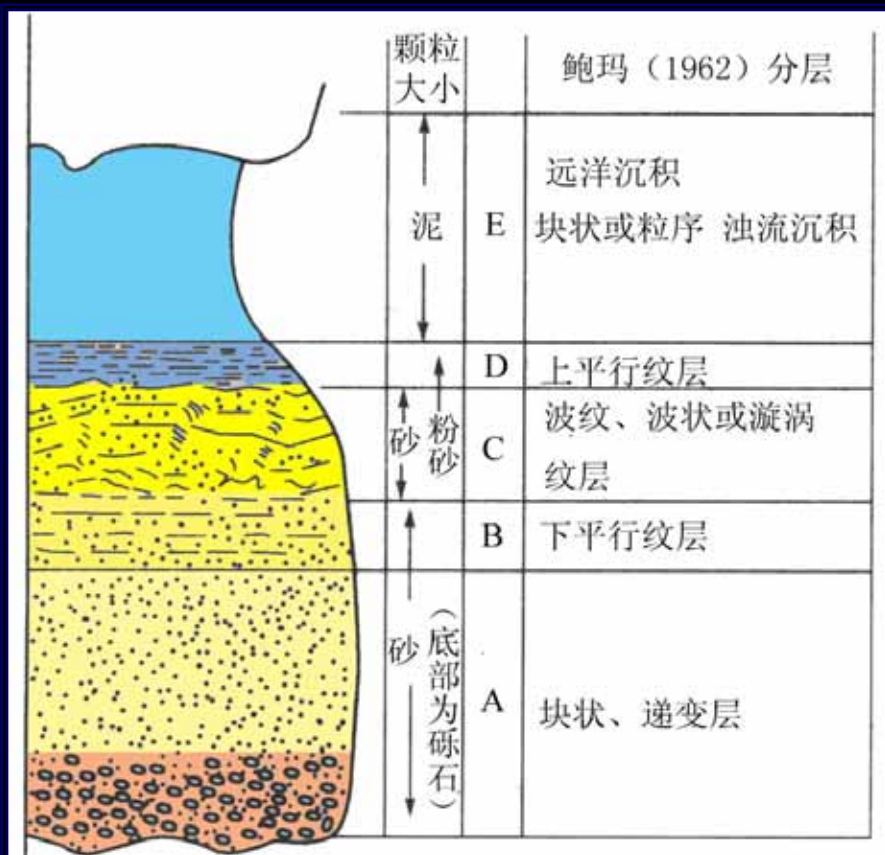
■ 低密度浊流沉积 ( 经典浊积岩 )

■ 高密度浊流沉积

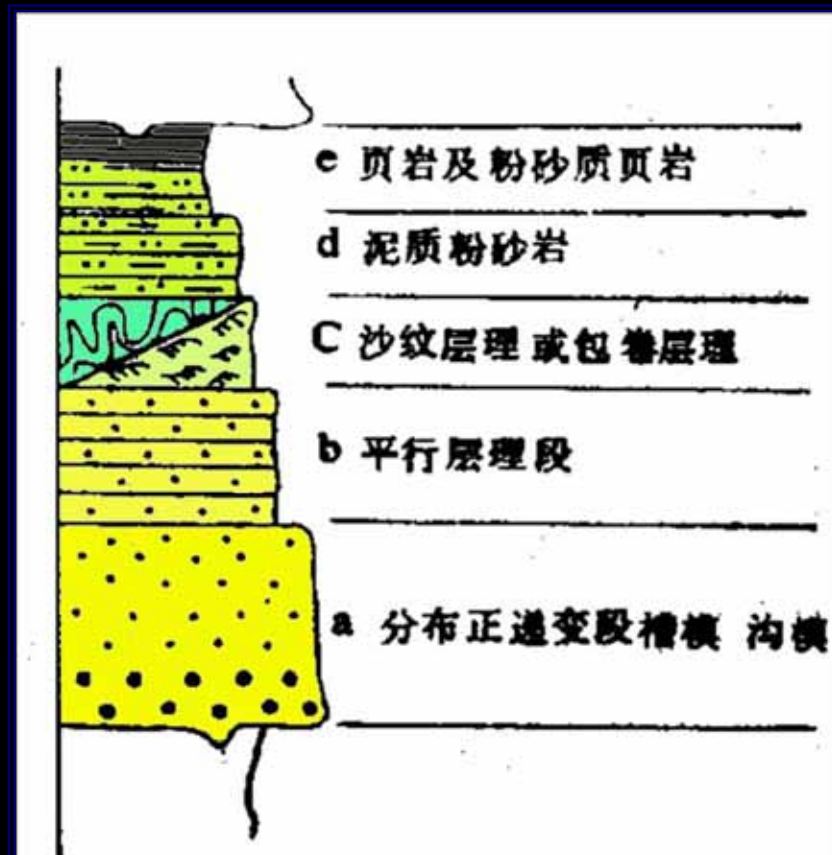




# 低密度浊流沉积的层序模式



鲍玛层序及其解释 (据Bouma, 1962)



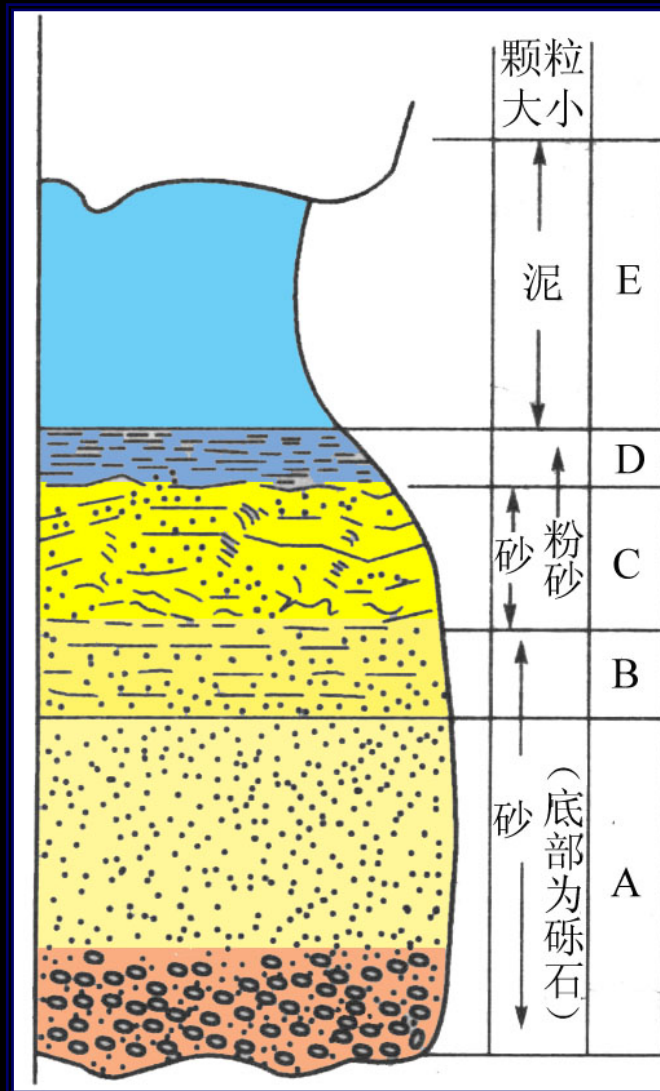
低密度浊流沉积的层序模式



## 典型油积岩的鲍玛序列

**A段——底部递变层段：**主要由砂岩组成，底部含砾石。下粗上细的正粒序，底面见冲刷—充填构造和印模。

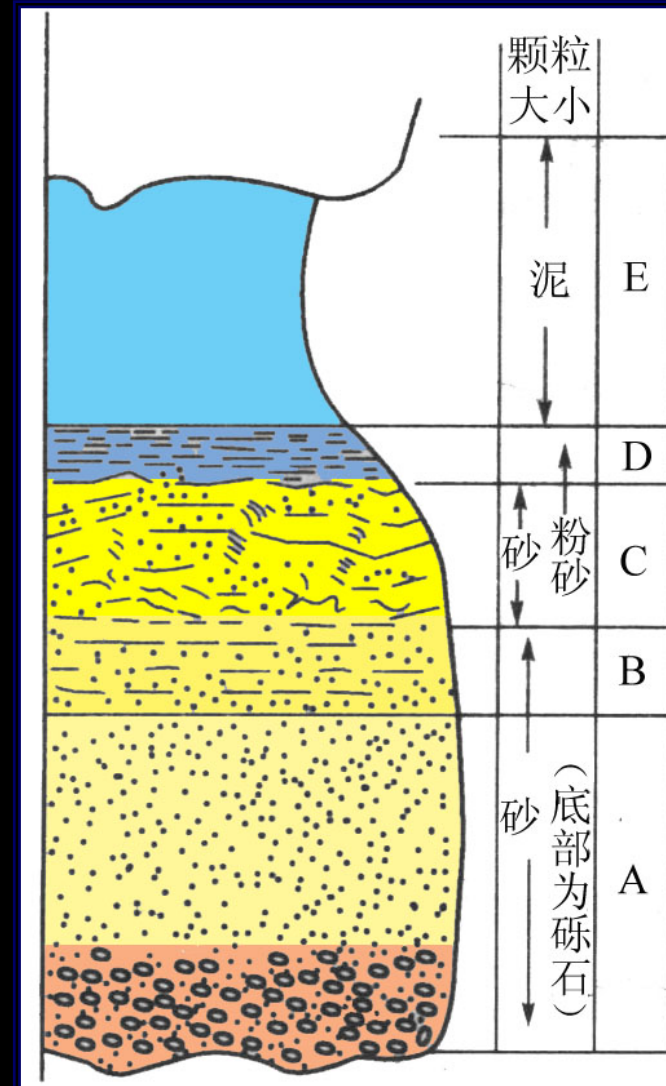
**B段——下平行纹层段：**与A段为渐变关系，多为中细砂，含泥质，显平行纹层，粒度变化不太明显。片状炭屑和长形碎屑定向分布，见剥离线理。



## 典型油积岩的鲍玛序列

**C段——流水波纹层段**：以粉砂为主，有细砂和泥质，呈小型流水波纹和上攀波状层理，常见包卷层理、泥岩撕裂屑和滑塌变形层理。

**D段——上平行纹层段**：由泥质粉砂岩和粉砂质泥岩组成，具断续平行纹层。由薄的边界层流形成，厚度不大。



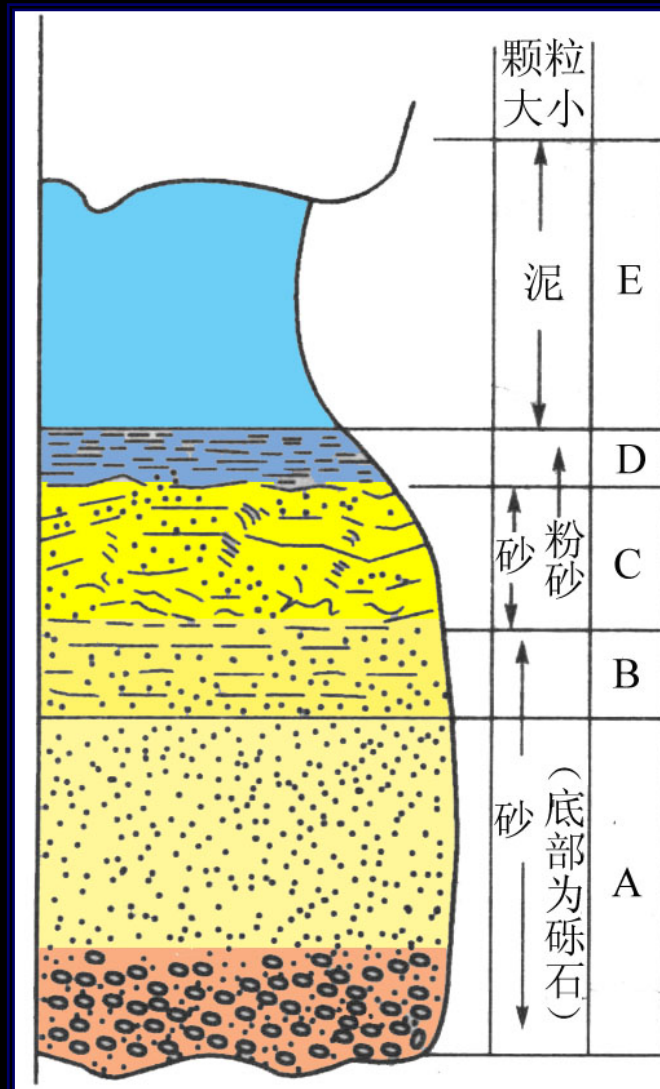




## 典型油积岩的鲍玛序列

**E段——泥岩段**：为块状泥岩，仍属低密度重力流沉积。

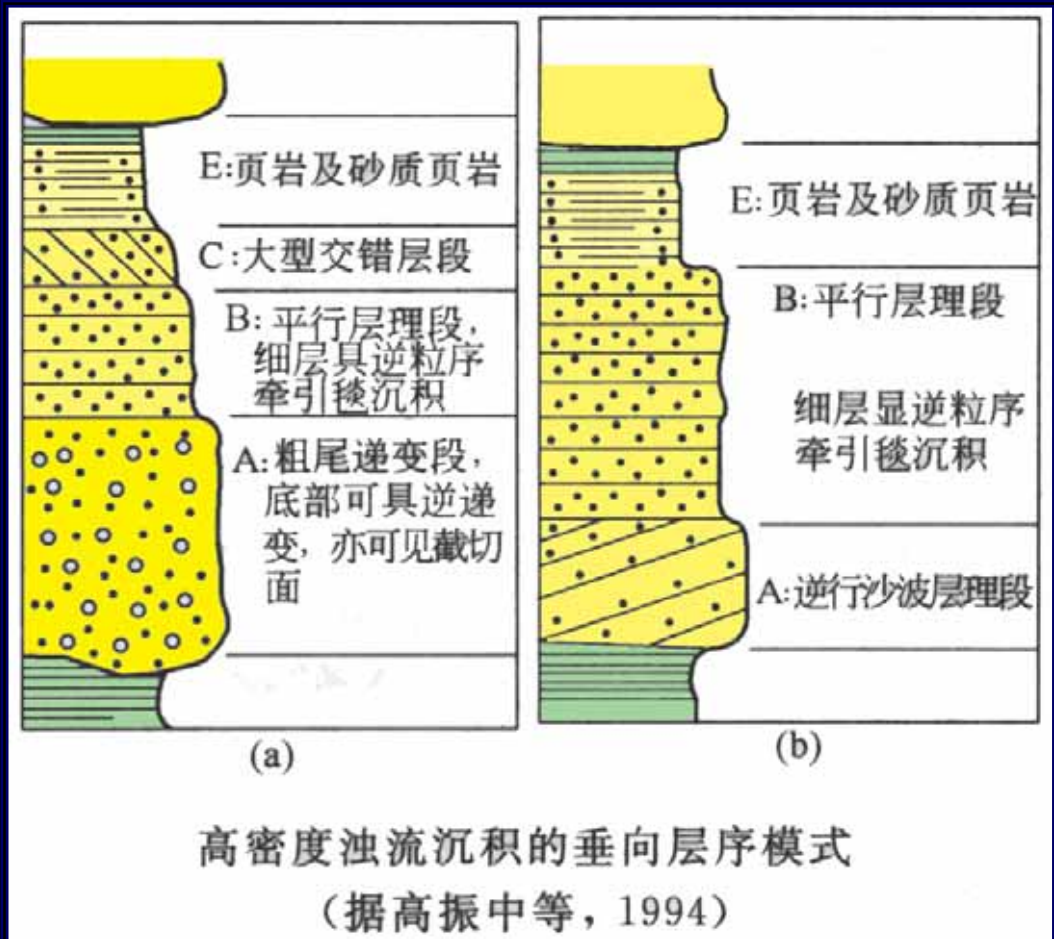
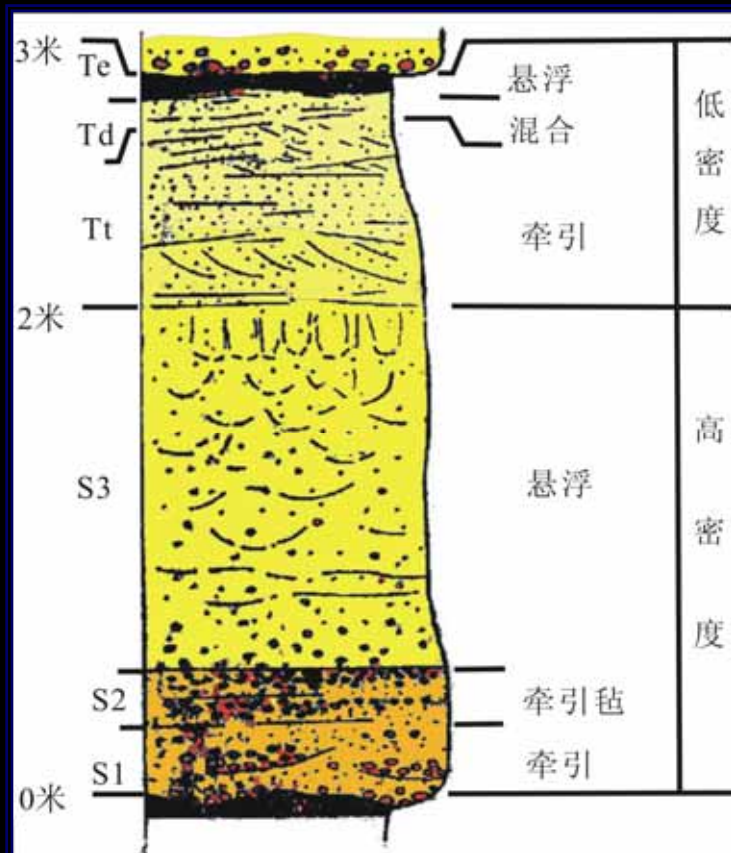
**F段——深水页岩段**：为远洋深水沉积的页岩或泥灰岩、生物灰岩层，含深水浮游生物化石，显微细水平层理，不属于浊流沉积，但是判断深水浊流沉积的重要标志。







# 高密度浊流沉积的层序模式



高密度浊流沉积的垂向层序模式  
(据高振中等, 1994)

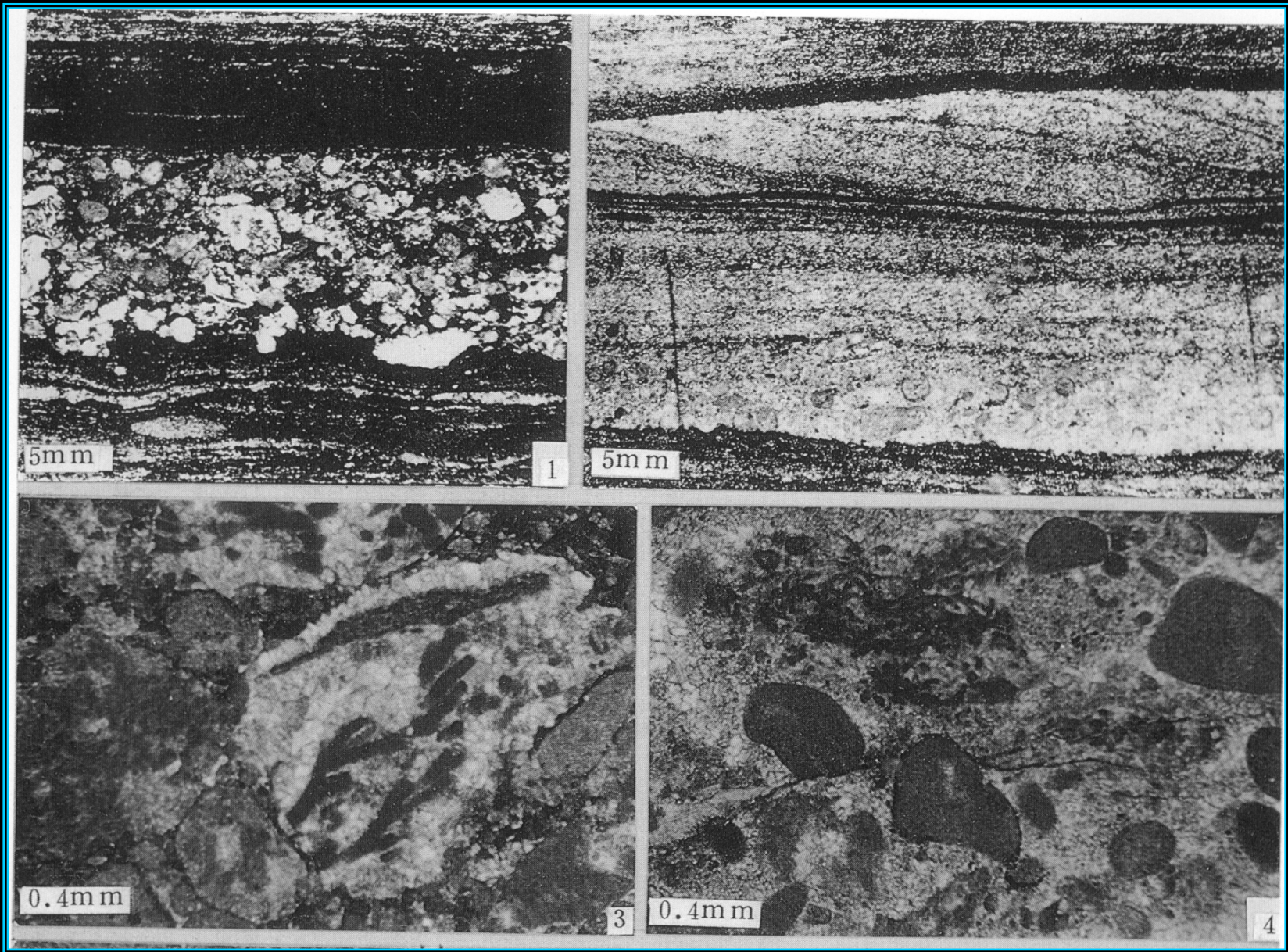
砂质高密度浊流的理想沉积  
高密度(S1~3)段和晚期低密度

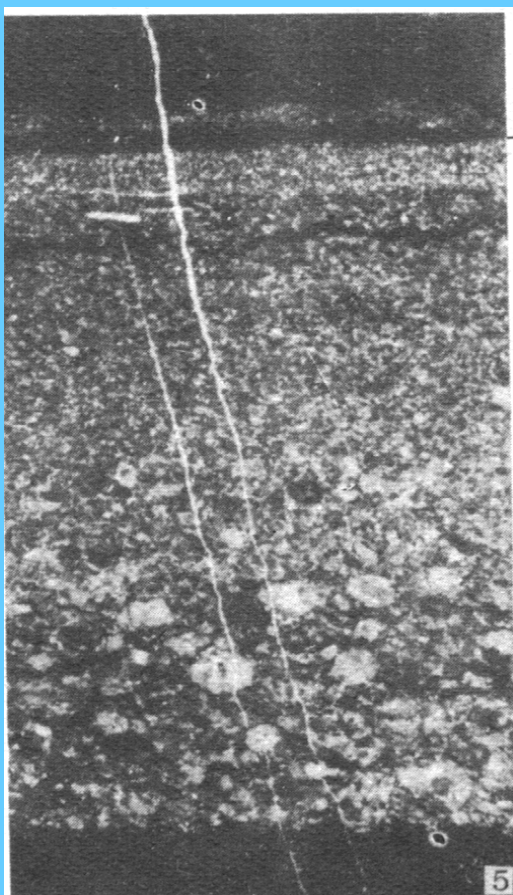
一般为中粗砂级，常含**细砾**。粗尾粒序层理、平行层理、**大中型交错层理**构成鲍玛序列。



◆低密度浊流由粘土、粉砂和细到中粒砂的质点，由流体的湍动就可以进行悬浮搬运，与浓度无关。

◆高密度浊流由粘土到细卵石的宽广质点范围，由湍流和自身高浓度引起阻碍沉降作用和细粒物质的悬浮联合搬运，当颗粒浓度大于20%~30%时，才变得有效。



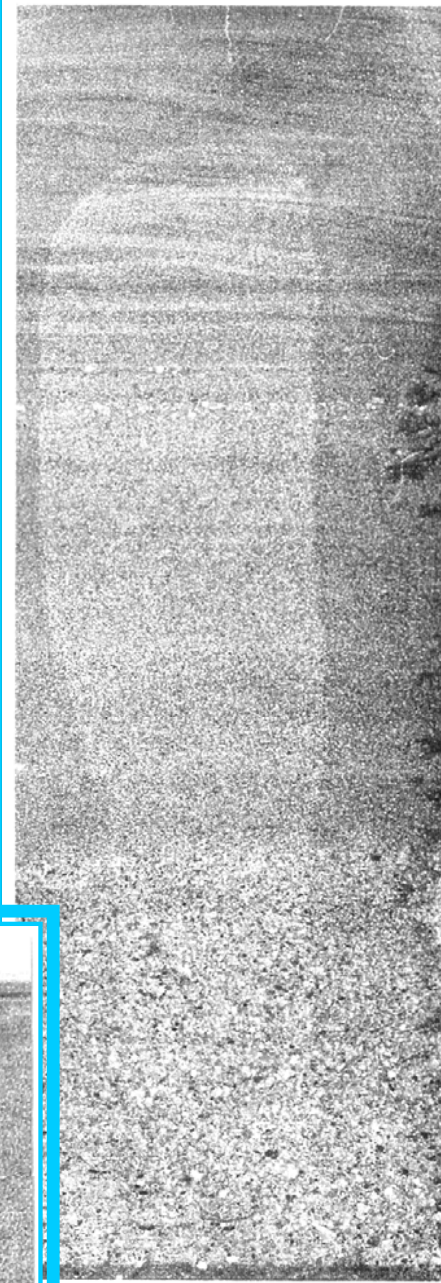


E

A

E

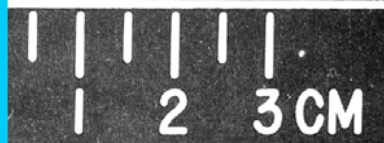
5



C

B

A



C

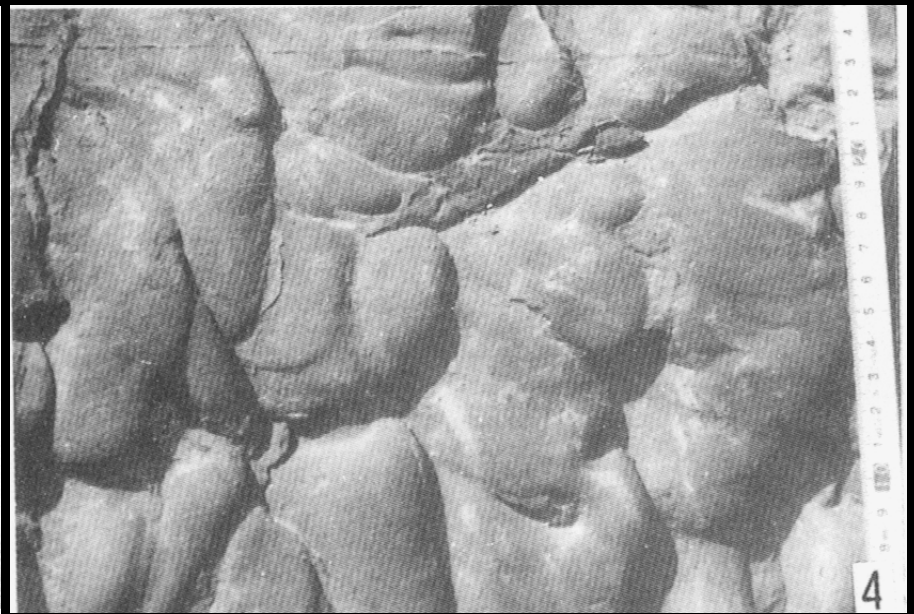
A

1







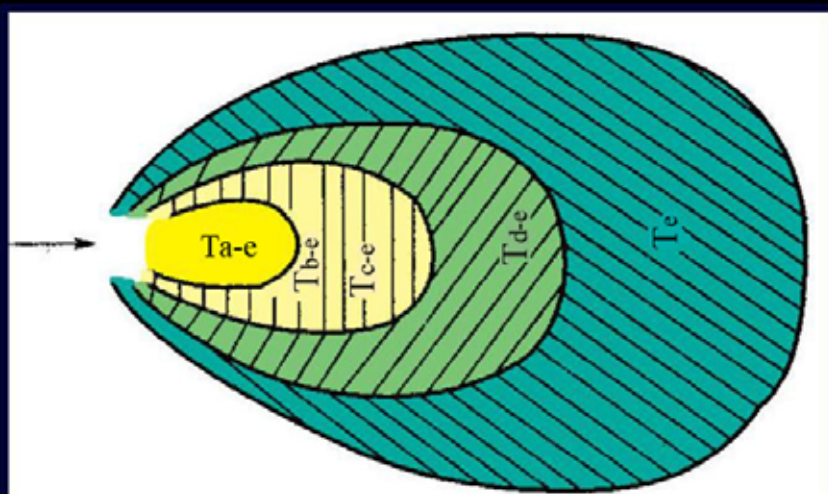




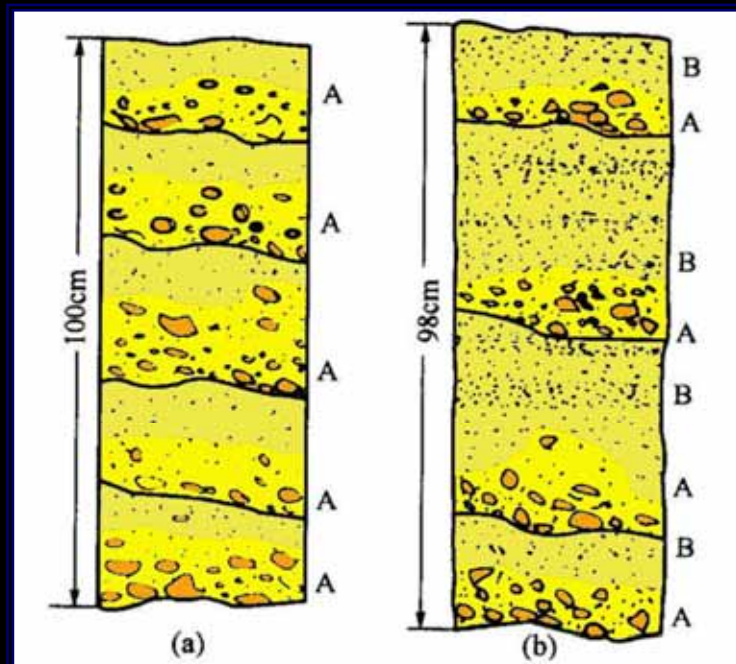
# 鲍玛序列不完整的原因：

◆较细的段比其下较粗段具有更大的展布面积（强度）

◆后一次浊流将前一次浊流的上部系列冲走（频率）



一次浊流形成的沉积相平面分布示意图（据鲍玛，1962）



叠覆递变含砾粗砂岩，显“AAA”和“ABAB”序列（据刘孟慧，1984）



## 浊积岩的鉴别标志

1. 浅水陆源碎屑沉积与深水页岩（或泥灰岩）共生或组成韵律层。碎屑成分是陆源的、浅水的，可含浅水化石、植物屑和鲕粒等，但无浅水沉积构造（如浪成波痕、泥裂等），说明陆源碎屑浊积岩的碎屑主要来自浅水环境，但在深水中沉积。





2. 浊积岩常具完整及不完整的鲍玛层序。

3. 有滑动及沉积物液化的证据（包卷层理、滑塌构造和重荷模等）。

4. 有高密度流动的侵蚀痕—底面印模构造。

5. 岩石颜色深，反映深水缺氧沉积环境。

6. 粒度资料显示递变悬浮的沉积特点。

7. 单层（甚至只有几个厘米）在大面积上分布稳定。

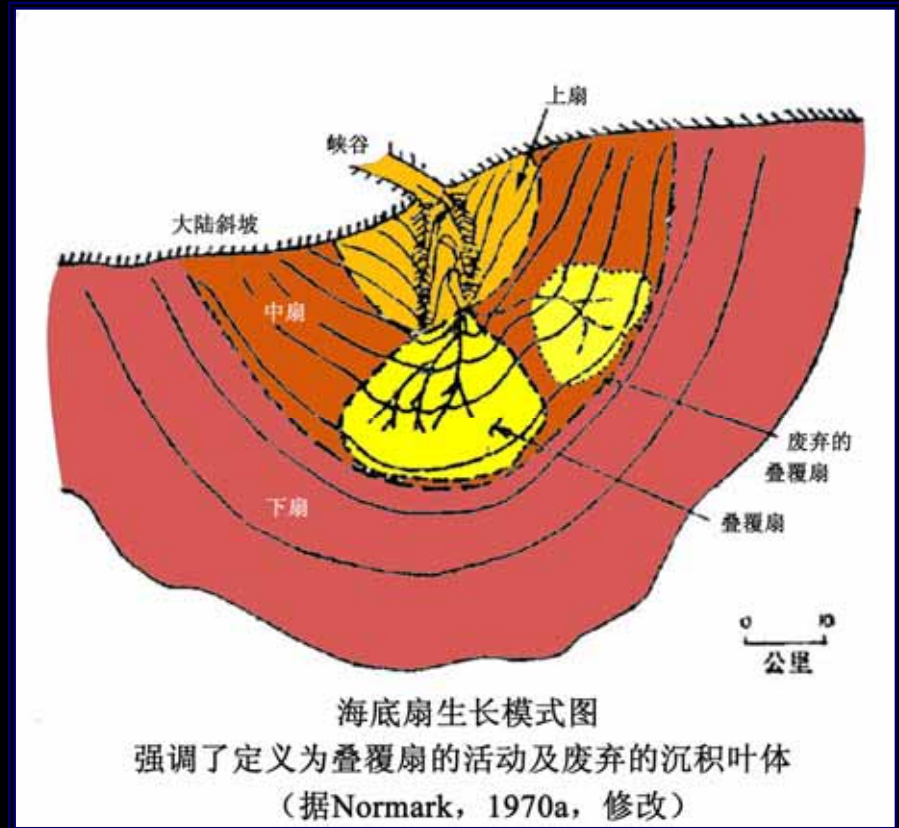
# 五、重力流沉积的综合相模式

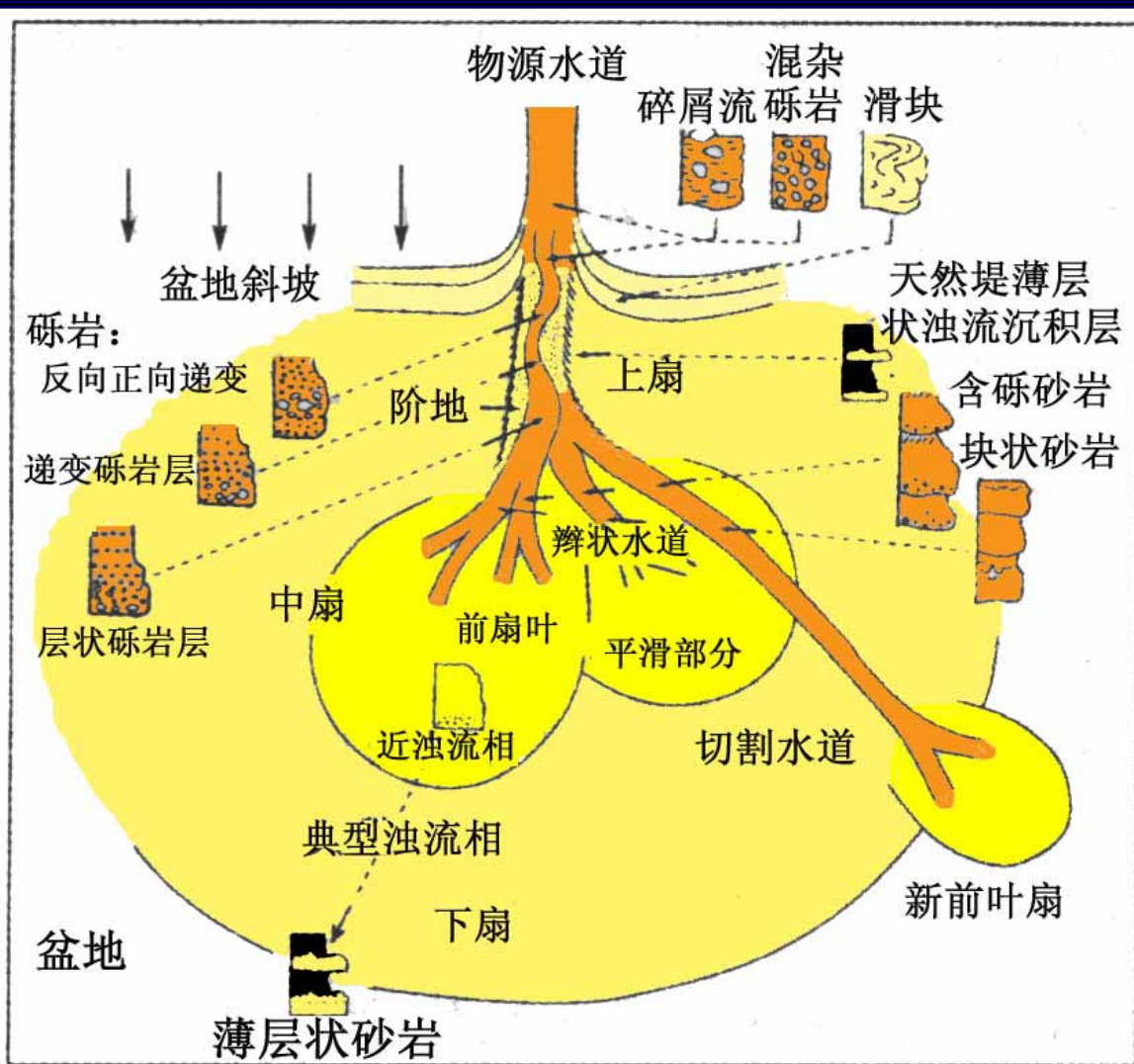
## 扇模式、槽模式、坡角楔状体模式

### 1. 海底扇模式

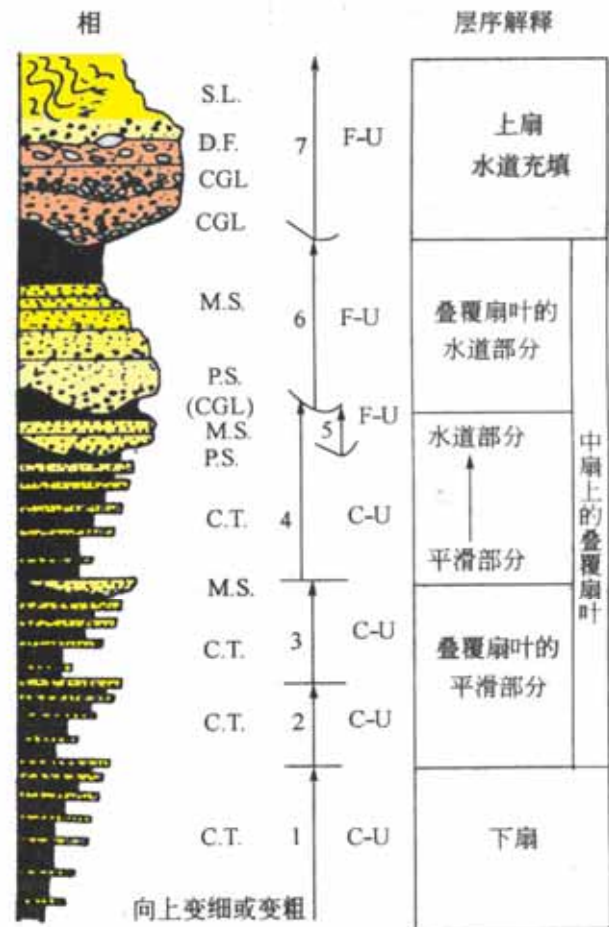
海底扇模式是在对现代海洋浊积扇形态进行调查的基础上，结合古代地层中的岩相特征和层序研究逐步完善的。

海底扇模式基本上也适用于湖底扇。



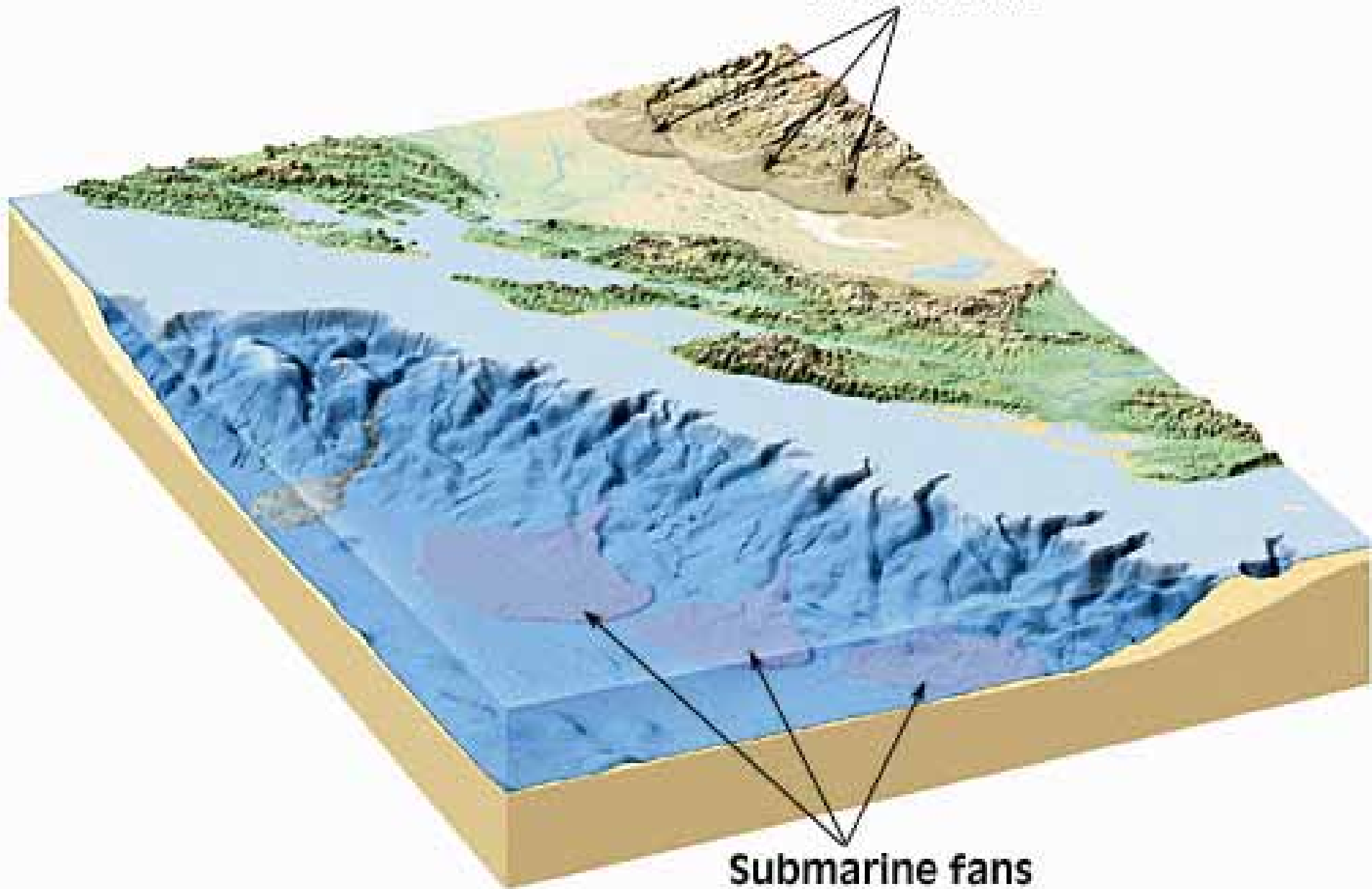


海底扇相分布模式 (据walker, 1978)



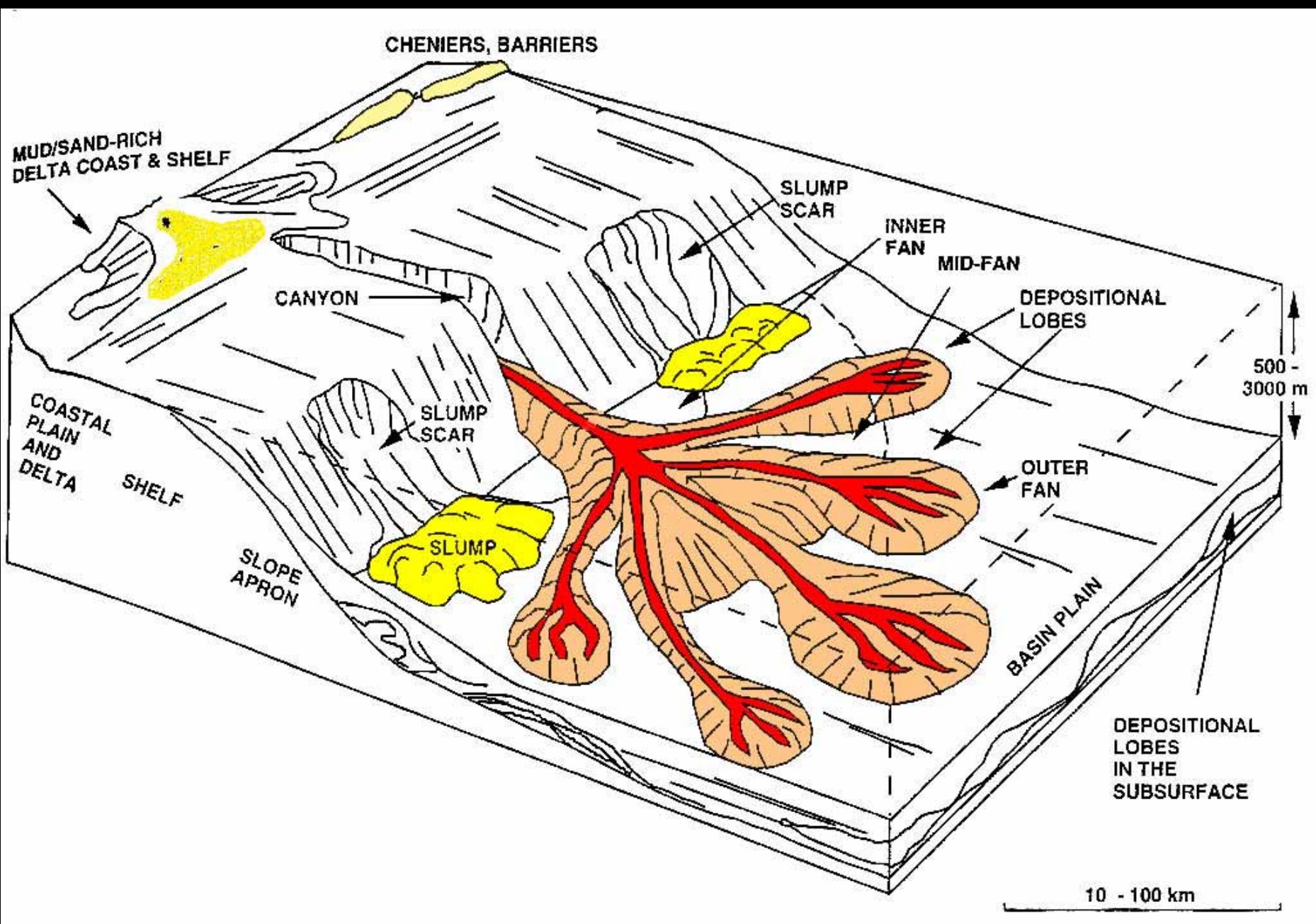
海底扇的推进式相模式 (据沃克, 1978)  
C-U 代表向上变厚和变粗的层序; F-U 代表向上变薄变细的层序; C. T. 为典型浊积岩; M. S. 为块状砂岩; P. S. 为含砾砂岩; CGL 为砾岩; D. F. 为碎屑流沉积; S. L. 为滑坡沉积

**Alluvial fans**



**Submarine fans**

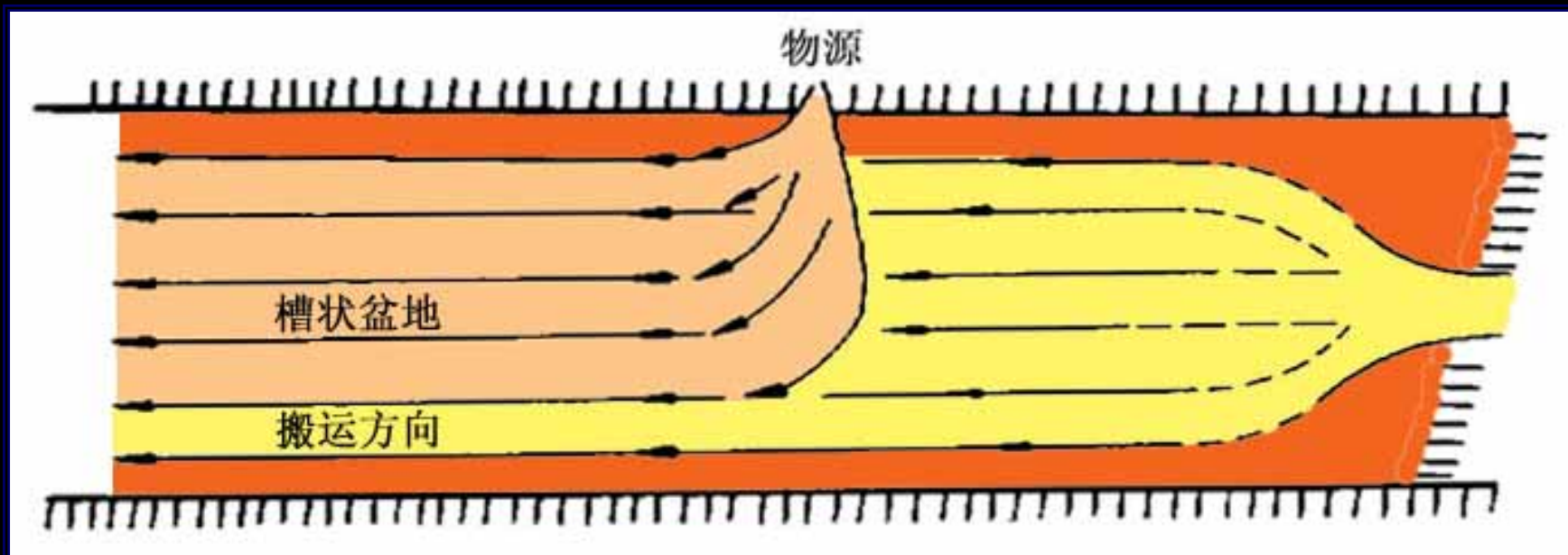


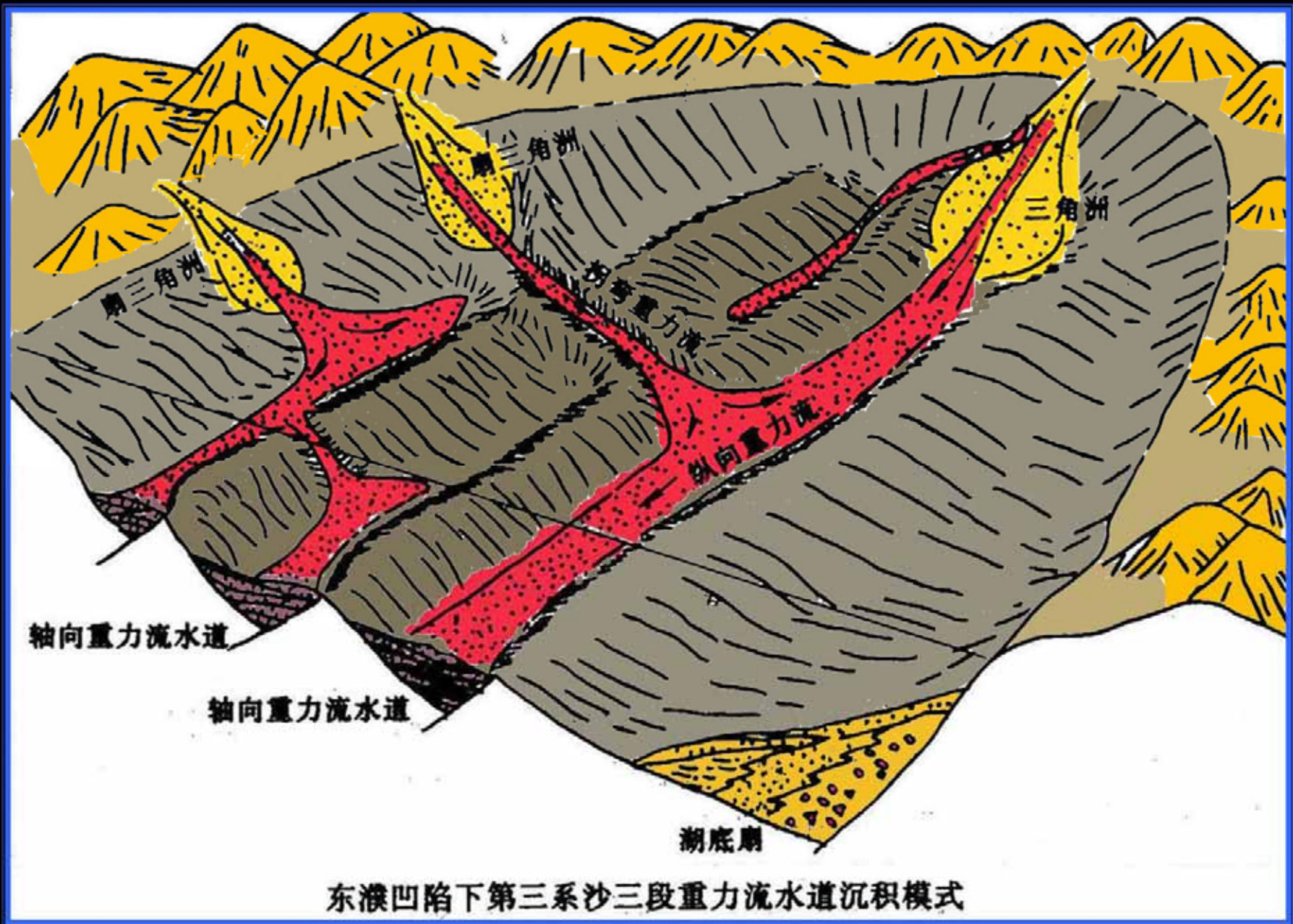




## 2. 海槽轴向搬运沉积模式

在长形海槽盆地中，重力流进入盆地后沿轴向搬运和沉积。







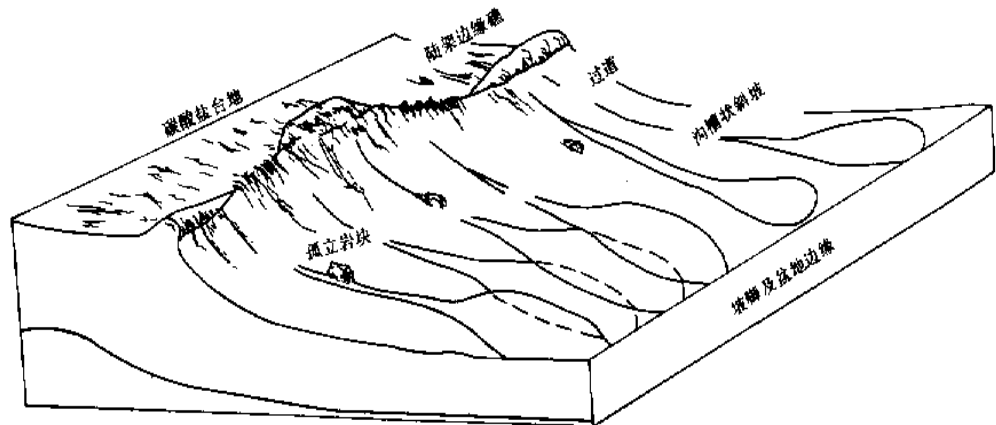
### 3. 坡脚楔状体模式

该模式主要适用于**碳酸盐**沉积区。由于碳酸岩台地前缘普遍发育向深水盆地过渡的斜坡带，而重力流的物源区又是沿碳酸盐台地边缘分布的线状物源，而非点状物源，故**不形成海底扇而形成坡脚楔状体**。

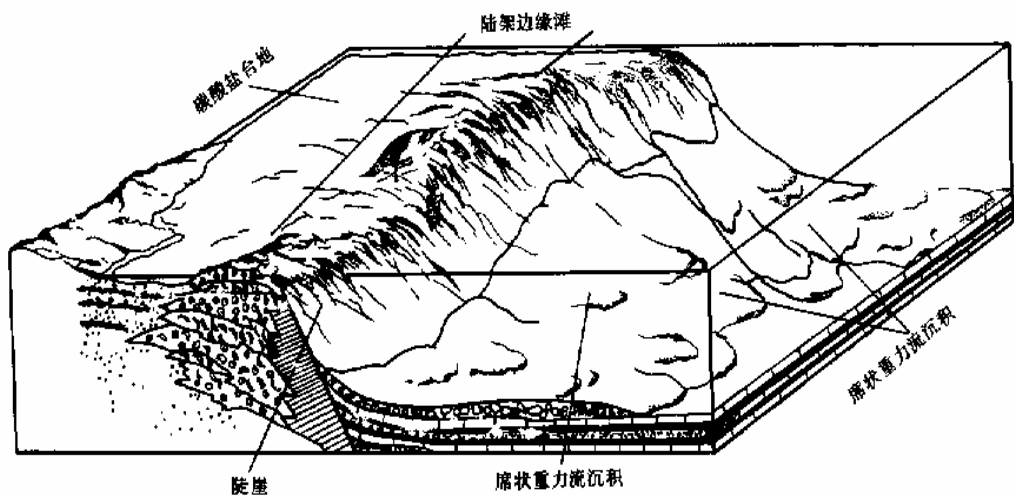
由于斜坡坡度不同，其分布特征也不同。  
可分为：①沟槽型；②陡坡型；③缓坡型。



# 沟槽型 (中等坡度型)



# 陡坡型



# 缓坡型





# 本节要点：

- 深水重力流形成的基本条件
- 重力流沉积的类型
- 经典浊流沉积层序（鲍玛序列）（重点）
- 浊积岩的鉴别标志（重点）
- 重力流沉积的模式