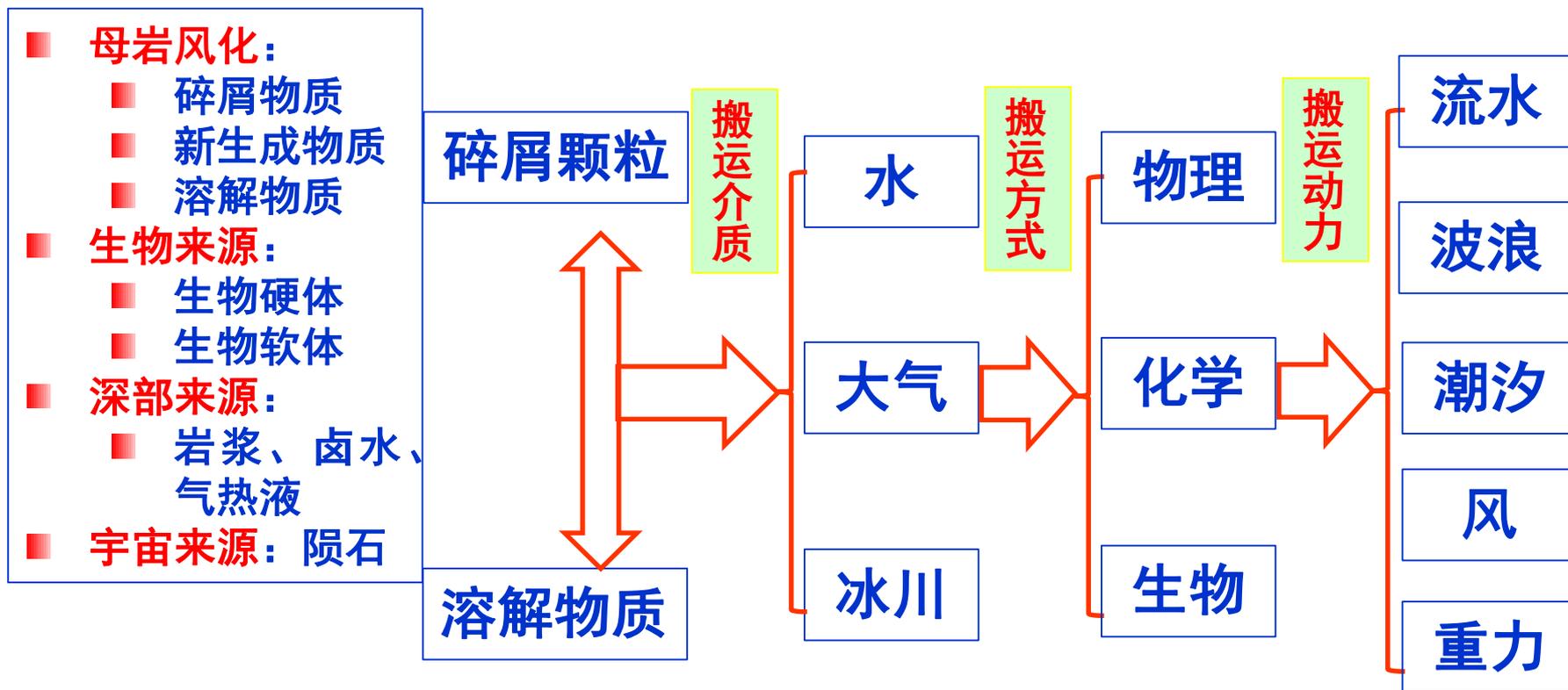


# 第二章 沉积岩的形成过程

- 第一节 沉积岩原始物质的形成
- 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用
- 第三节 溶解物质的搬运和沉积作用
- 第四节 沉积后作用及其阶段划分

## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

■ 风化作用的产物及其它来源的原始物质除了少量残留原地以外，大部分将进入搬运状态向沉积盆地转移。



## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

- 风化作用的产物及其它来源的沉积物质少量残留原地
- 大部分将进入搬运状态向沉积盆地转移。
  - 沉积物在搬运中仍会发生机械破碎和化学分解→新矿物
  - 介质搬运能力减弱，无力携带所搬运的沉积物→沉积
  - 沉积下来的沉积物
    - ①长期固定下来不再移动；
    - ②地壳上升，侵蚀基准面下降，流体流速加快→重新发生侵蚀并再次被搬运。

风化、搬运和沉积  
是三个连续而又独立的阶段，  
但有时相互交替和重复，  
尤其是搬运和沉积作用，是一对矛盾。

## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用



流水



风 (大气)



冰川



## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

按沉积物被搬运和沉积的方式不同可以分为：

### 1. 机械 / 物理搬运和沉积作用

- 碎屑 + 新生成矿物 + 火山碎屑 + 宇宙源物质

### 2. 化学搬运和沉积作用

- 溶解物质、深层卤水

- 生物化学搬运和沉积作用

- 溶解物质 + 深层卤水 + 生物源物质

### 3. 生物搬运和沉积作用

- 生物源物质

## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

### 一、流体的一些基本知识和概念

#### (一) 牛顿流体和非牛顿流体

##### ■ 内摩擦定律

- 在温度不变的条件下，随着流速梯度变化，动力粘滞系数/运动粘滞系数始终保持一常数。
- 服从内摩擦定律——**牛顿流体**——牵引流（含少量泥砂的流水：河流、波浪流、潮汐流、大气流等）。
- 不服从内摩擦定律——**非牛顿流体**——重力流（浊流、泥石流、风暴流、狂风流等）。

## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

### (二) 两类流体及其搬运和沉积作用方式

#### 牵引流和重力流的区别

类别	牵引流	重力流
流体性质	牛顿流体	非牛顿流体
密度	低	高 (>1.08, 海水比重)
液固相	<b>分明</b>	不分
搬运介质	流水	沉积物
搬运动力	推力、负荷力	重力
搬运方式	滚动、跳跃、悬浮、溶解	悬浮
运动关系	水主动, 颗粒被动	<b>水被动, 颗粒主动</b>
搬运物质	碎屑物质、溶解物质	碎屑物质为主
沉积作用	流速、能量减小	能力减小转化或稀释
沉积环境	地形变化较小	山前或斜坡及其下游方向
沉积构造	各种类型层理	粒序/递变层理

## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

有重要地质意义的流体：

- 不同的流动机制产生不同的结构和构造
- 可以用水力学机制来解释不同结构和构造

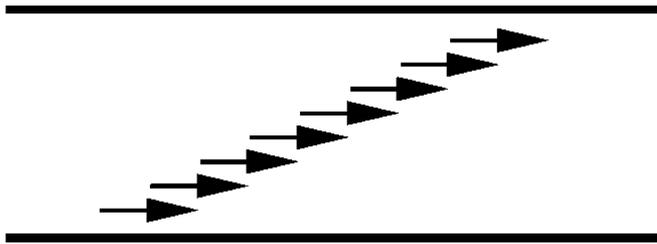


## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

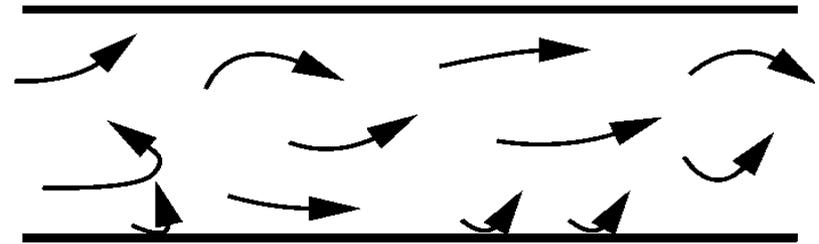
### 一、流体的一些基本知识和概念

#### ■ (二) 层流、紊流和雷诺数

- **层流**：流体质点平行线状缓慢流动，彼此不相掺混（只有粘滞切应力）
- **紊流**：充满旋涡的急湍的流动，流速大小和流动方向随时间变化，流体质点运动轨迹极不规则，彼此掺混（不仅有粘滞切应力，还有紊流流动引起的附加切应力及涡旋的上举力）



(a)



(b)

## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

- 雷诺数 ( $Re$ , Reynolds numbers) --判断层流和紊流的参数
  - 惯性力与粘滞力之间的关系, 描述流体的流动状态
  - $Re = \text{惯性力} / \text{粘滞力} = V^2 d^2 \rho / \nu \mu = V d \rho / \mu$
  - $Re = 1 \pm$  层流、 $Re = 1 \sim 40$  临界流、 $Re > 40$  紊流

	流速	流面	扬举力	剪切力	搬运能力	分布
层流	小	稳定	小	小	弱	下
紊流	大	变化	大	大	强	上

自然界中流水多为紊流, 使沉积物得以搬运, 层流类似于静水, 易发生沉积

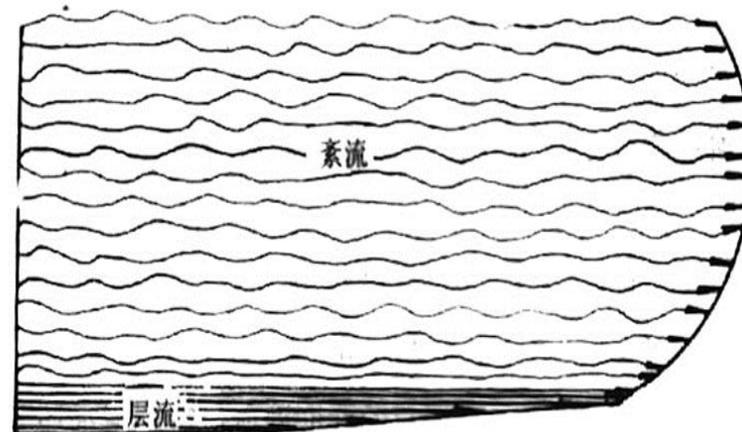


图 2-6 河流中的紊流及层流底层 (据鲁比, 1938)  
流线长度代表水流速度

## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

### ➤ 一、流体的一些基本知识和概念

#### ■ (三) 缓流、急流和弗雷德数、床沙形态

- **急流和缓流**：明渠水流中，由于流动强度不同出现急流、缓流和临界流三种流态，判别标准——**弗雷德数**
- **弗雷德数**——表示重力与惯性力之间关系的数值，描述流体的运动强度，是一个无量纲数。

$$Fr = \frac{\text{惯性力}}{\text{重力}} = \frac{v^2/L}{g} = \frac{v^2}{Lg} \quad (v\text{-平均流速, } g\text{-重力加速度, } L\text{-水深})$$

- **Fr < 1**：缓流，水深流缓——下部流动体制，低流态
- **Fr = 1**：临界流，过渡流态
- **Fr > 1**：急流，水浅流急——上部流动体制，高流态

## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用



$Fr > 1$ : 急流，水浅流急——上部流动体制，高流态

$Fr = 1$ : 临界流，过渡流态

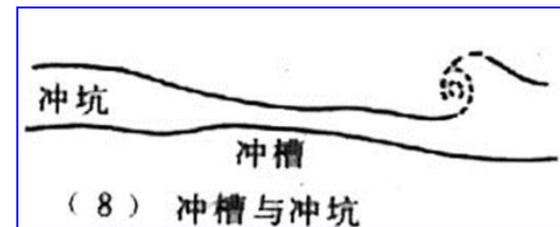
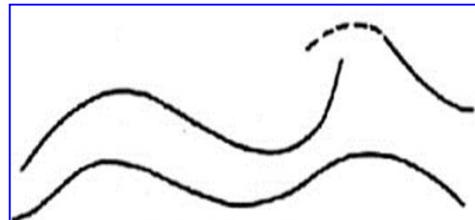
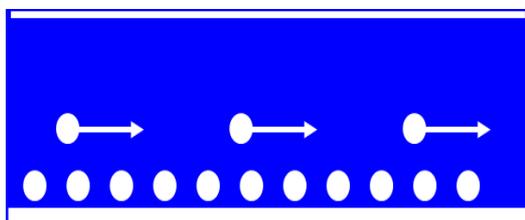
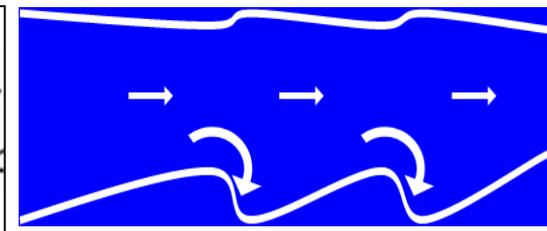
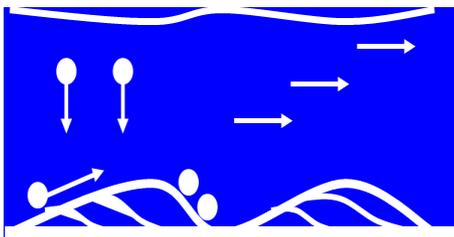
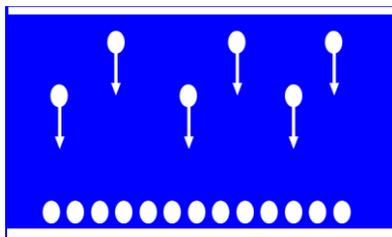
$Fr < 1$ : 缓流，水深流缓——下部流动体制，低流态

## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

### (三) 缓流、急流和弗雷德数、床沙形态

#### ■ 床沙底形（形态）-Bedform

- 流水在床沙表面流动形成的几何形态，受流动强度( $Fr$ )控制
- 明渠水流随流动强度加大在床面上依次出现下列床沙形态：无颗粒运动的平坦床沙--沙纹--沙浪--沙丘--过渡型--平坦底床--逆行沙丘—槽、坑



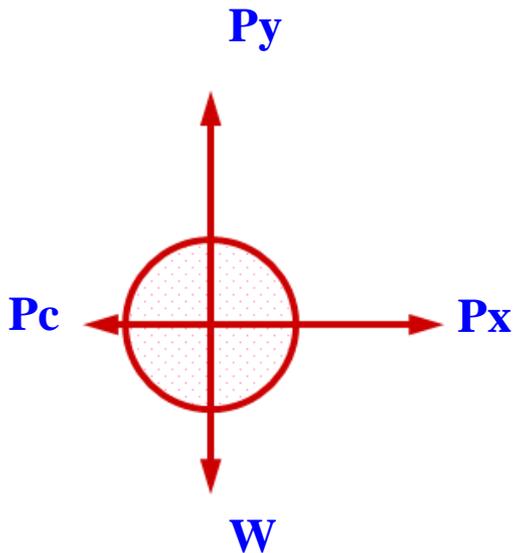
## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

### (四) 沉积物的搬运方式、载荷

**载 荷**：流体中被搬运的沉积物 (Load)

**载荷量**：单位时间内流经某一横断面的沉积物总量

### 碎屑颗粒在流水中的受力分析



- ✓1. 有效重力 ( $w$ )：颗粒受到的重力和浮力两者之差
- ✓2. 粘结力 ( $P_c$ )：由颗粒表面的水膜所造成的粘结力
- ✗3. 水平推移力 ( $P_x$ )：水流作用于颗粒顺水流方向的力
- ✗4. 垂直上举力 ( $P_y$ )：垂直向上，产生原因：
  - ①水体浮力（已计算在有效重力中）；
  - ②颗粒上下因流速差而引起的压力差；
  - ③紊流中存在涡流的扬举作用/上举涡力—紊流的上举力大于层流。

## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

### (四) 沉积物的搬运方式、载荷

搬运方式:

溶解物质:

化学方式---溶解载荷 (solutional load)

碎屑物质:

滚动、跳跃搬运---推移 (床沙) 载荷 (bed load), 粗

悬浮搬运——悬移载荷 (suspended load), 细

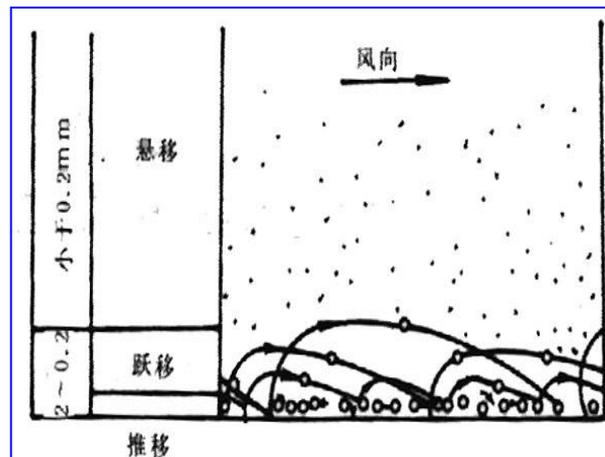


图 2-15 空气中搬运碎屑物质的三种基本形式 (据任明达, 1985)

## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

### ■ 两种流体的搬运和沉积作用方式

#### ■ 牵引流——溶解物质和碎屑物质

##### ◆ 牵引流的搬运力体现在两方面：

- 作用于碎屑颗粒上的**推力（牵引力）**，取决于流体的**速度**
- **载荷力（负荷力）**，取决于流体的**流量**

##### ◆ 牵引流搬运方式包括：

- **溶解载荷——化学搬运**
- **悬移载荷——悬浮搬运**
- **推移（床沙）载荷——滚动和跳跃搬运**

#### ■ 重力流——碎屑物质

- **驱动力：重力**
- **搬运方式：悬移载荷方式为主**

# 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

## 二、碎屑物质在流水中的搬运和沉积作用

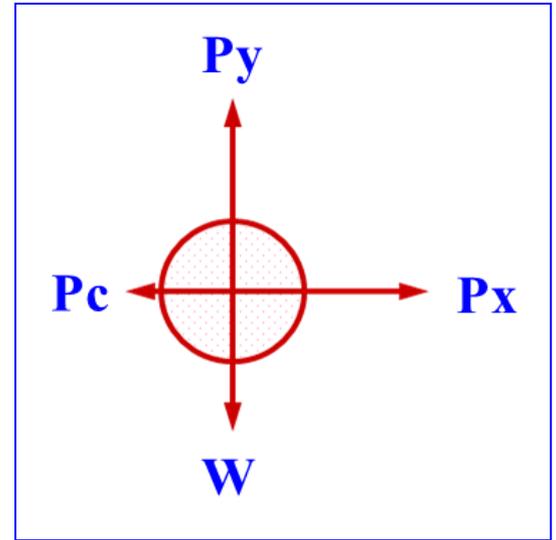
### 1、碎屑颗粒的搬运、沉积作用的条件

#### ➤ 受力分析：

动力：上举力：流速、水深

水平推力：大小、密度

-----流速、颗粒大小



### ——尤尔斯特隆用图解方式定量表示了颗粒

大小、流速与搬运、沉积的关系

- ◆ **开始搬运速度 ( $V_{开}$ )**：流水把处于静止状态的碎屑物质开始搬运走所需的流速
- ◆ **继续搬运速度 ( $V_{继}$ )**：流水维持碎屑物质继续搬运所需要的流速
- ◆  $V_{开} > V_{继}$ ： $V_{开}$ 要克服颗粒间吸附力

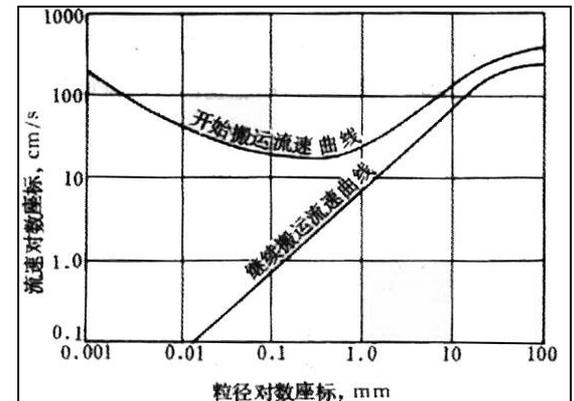


图 2-7 碎屑物质在流水中侵蚀、搬运、沉积和流速的关系(据尤尔斯特隆,1936)

## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

### 尤尔斯特隆图解

#### ✓两条曲线：

- 开始搬运曲线、继续搬运曲线

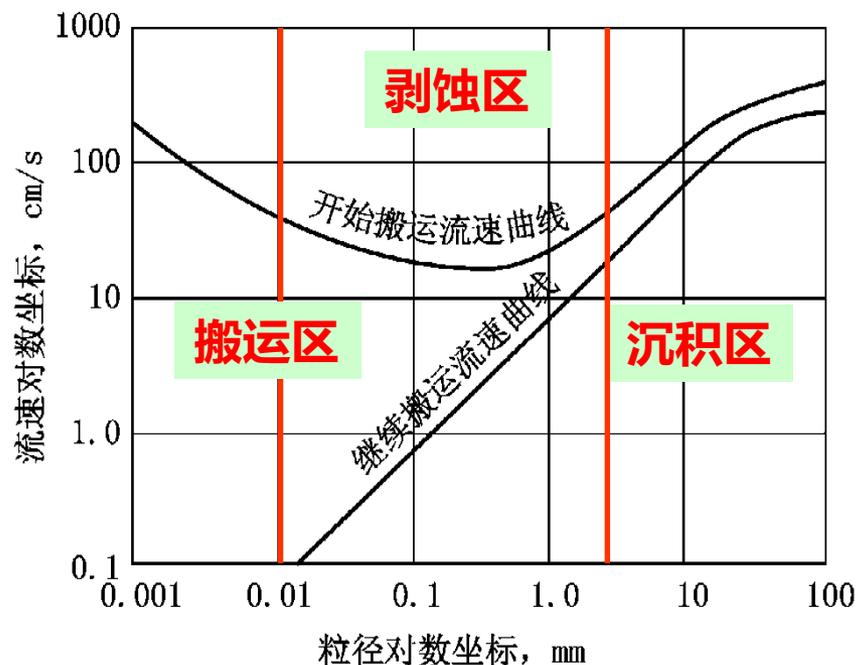
#### ✓三个区：

- 剥蚀区、搬运区、沉积区

#### ✓三个段：

- 砾级( $d > 2\text{mm}$ )：难搬易沉 山区  
 $V_{\text{开}}$ 大， $V_{\text{继}}$ 大， $\Delta V = V_{\text{开}} - V_{\text{继}}$ ，小，  
短距离，滚动搬运；
- 粉砂和泥级( $d < 0.01\text{mm}$ )：难搬难沉 深水  
 $V_{\text{开}}$ 大， $V_{\text{继}}$ 很小， $\Delta V$ 很大，  
悬浮搬运，泥砾发育；
- 砂级( $0.01 < d < 2\text{mm}$ )：易搬易沉  
跳跃 分布最广  $V_{\text{开}}$ 最小， $V_{\text{继}}$ 中等，  
 $\Delta V$ 不大，跳跃式前进。

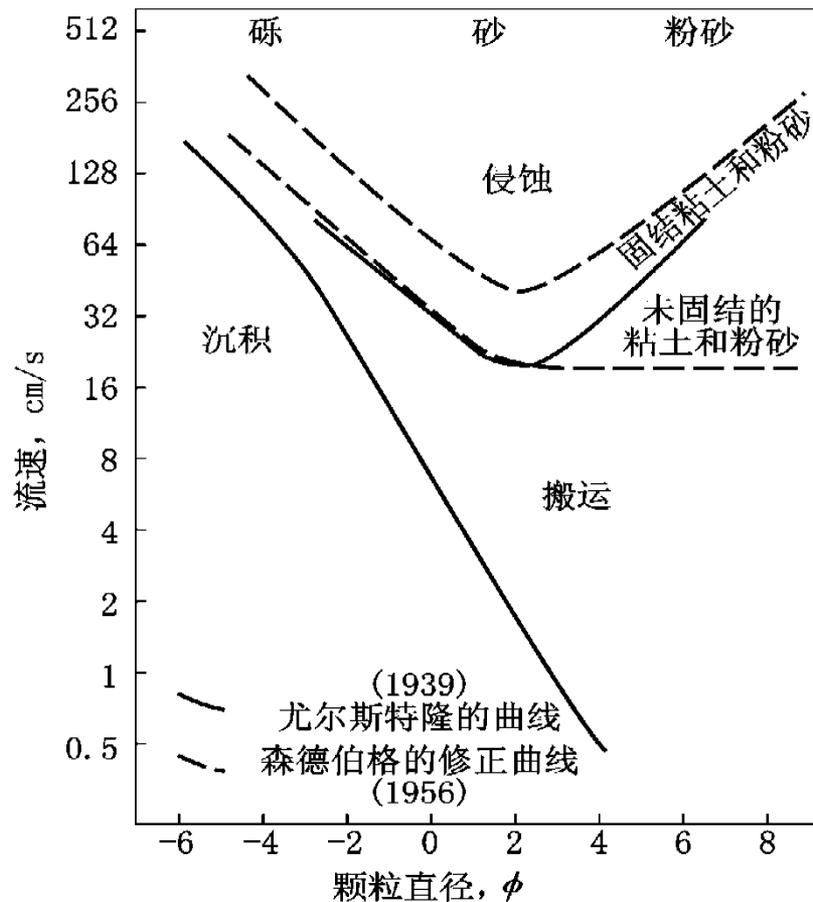
### 搬运和沉积的决定因素粒径和流速



碎屑物质在流水中侵蚀、搬运、沉积和流速的关系（据尤尔斯特隆，1936）

## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

- **森德伯格修改的尤尔斯特隆图解**  
不仅表示了碎屑物质在流水中**侵蚀、搬运、沉积与流速的关系**，  
而且表示了**启动流速与碎屑大小**之间的关系。



经森德伯格修改的尤尔斯特隆图解

## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

### ➤2、碎屑颗粒在静水中的沉积作用

碎屑物质在静水中的沉积情况可用斯托克实验公式表示：

$$v = \frac{2(d_1 - d_2)}{9u} gr^2$$

$v$ — 颗粒沉降速度；  $d_1$  —颗粒密度；  $d_2$ —水介质密度

$u$ —水介质粘度；  $g$ —重力加速度；  $r$ —颗粒半径

- 适用于室温，静水，粒径小于0.1mm的球体颗粒，即砂级以下

◆ 粒径>0.1mm 的颗粒，下沉速度与其半径平方成正比。根据实验极细砂下沉30m约2小时，细粘土则需要1年；下沉3000~4000m，极细砂需要10天，细粘土需要100年。

## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

### 3、碎屑物质在流水搬运过程中的变化

➤ 碎屑物质在流水搬运过程中的变化体现在：

随着搬运时间和距离的增长：

✓ 矿物成分

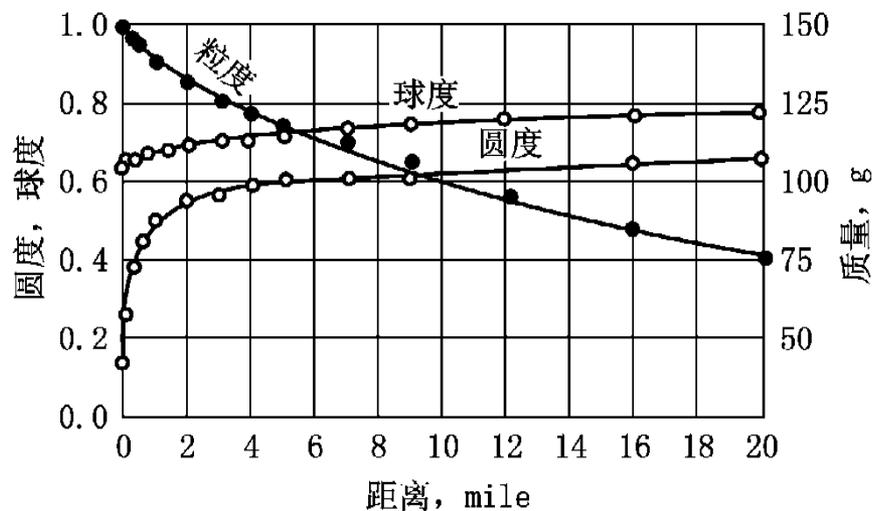
- 不稳定组分减少
- 稳定组分增加

✓ 粒度（颗粒大小）

- 变细，分选变好

✓ 颗粒形状

- 圆度与球度变好



在流水搬运过程中，石灰岩碎屑粒度、圆度、球度的变化（据克伦宾，1941，转引自裴蒂庄，1975）

## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

### 三、碎屑物质在海、湖水体中的搬运和沉积作用

#### 思考问题:

- ◆ 流水搬运的碎屑物质最终都要流入海洋、湖泊，那么是否这些物质流入海洋、湖泊中就立即发生沉积呢？
- ◆ 海洋、湖泊中除了流水搬运来的碎屑物质外，是否还有其它来源的碎屑物质呢？

#### 海洋主要营力:

- 波浪、潮汐
- 近岸流
- 风暴流
- 浊流
- 等深流……

#### 湖泊主要营力:

- 波浪
- 湖流
- 风暴流
- 浊流
- ……

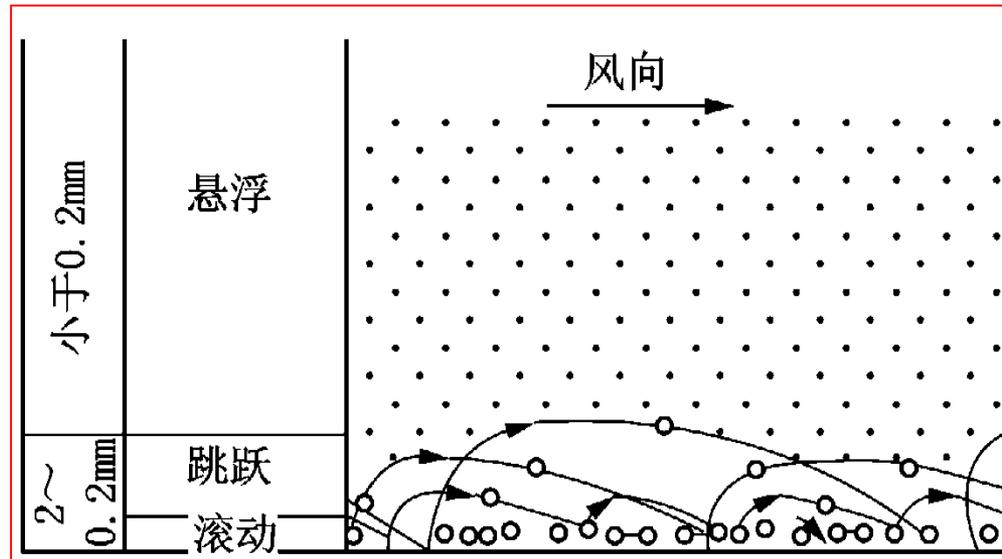
## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

### 四、碎屑物质在空气中的搬运和沉积作用

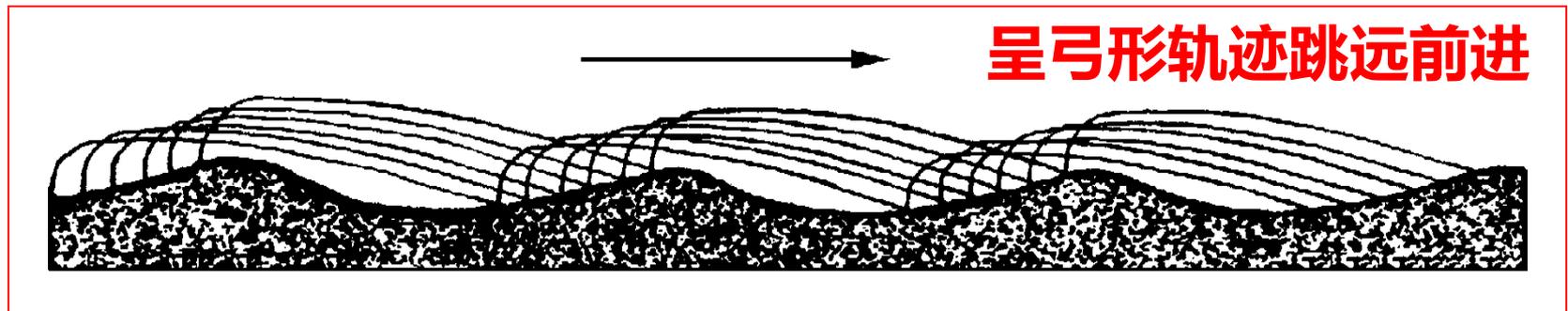
- 营力：风
- 条件：干旱地区，沙漠或滨岸地区。
- 风的搬运和沉积作用的特点
  - **搬运能力**：风力密度比水小300倍，搬运能力为水的1/300；
  - **搬运对象**：选择性强，搬运砂和粉砂为主，风成沉积物粒度分选性较好；
  - **搬运方式**：牵引流特点，跳跃为主，其次滚动，悬浮较少
  - **沉积作用**：风速降低、障碍堆积、两股风相遇
  - **沉积物特点**：分选好，磨圆好，具霜面（圆玻璃状），形成各种形状的沙丘，具大型交错层理，颗粒支撑，杂基少，化学胶结为主。

## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

### 碎屑物质在空气中的搬运



空气中碎屑物质搬运的三种基本形式（据任明达，1985）



风成砂的跳跃轨迹（据曾允孚，1987）

## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

### 思考题

在平坦的沙漠中沙丘如何形成？

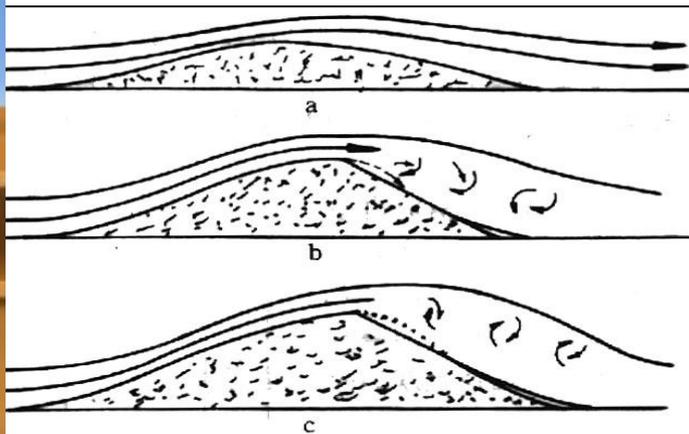


图 2-17 风成沙丘的形成 (据曾允孚, 1987)



## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

### 五、碎屑物质在冰川中的搬运和沉积作用

#### (一) 冰川的搬运与堆积

✓冰川和浮冰——固体搬运和沉积

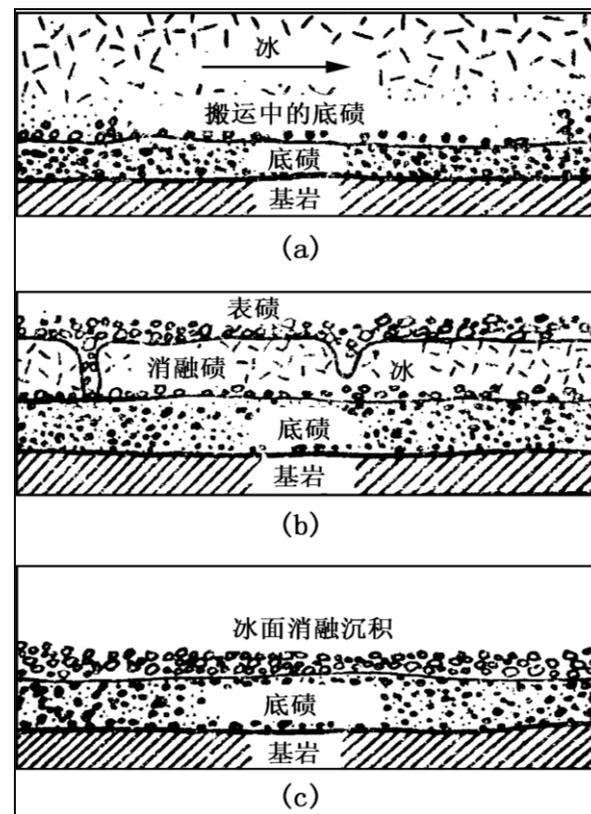
✓能力巨大，碎屑为主——冰碛物——冰碛岩

✓搬运距离差别大：

• 一般冰川，尤其底碛——搬运距离小

• 规模巨大冰川——搬运距离远

➤如欧洲第四纪冰川曾把斯堪的纳维亚半岛上的冰川巨砾搬运到千里之外的英国东部、德国等地区



冰川沉积物（据赖内克，1979）  
(a)搬运中的底碛；(b)层状底碛；  
(c)非层状底碛

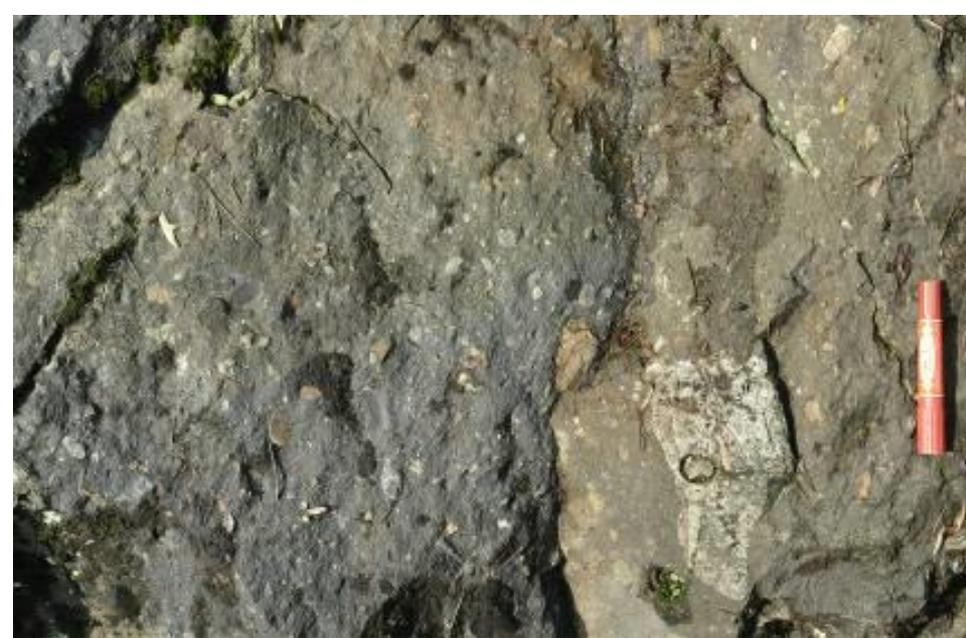
## 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用

### 五、碎屑物质在冰川中的搬运和沉积作用

#### (二) 冰碛物的基本特征

- ✓ 混杂堆积，没有分选和磨圆
- ✓ 冰川擦痕，特征“丁”字痕、“V”形刻蚀坑
- ✓ 缺乏层理构造，砾石排列有时略具定向性
- ✓ 漂砾长轴与冰川流向基本一致，扁平面倾向上游





大煤沟剖面麻黄沟组冰川沉积砾石及擦痕



全吉山麻黄沟组冰川相砾岩，砾石表面发育压实坑 震旦系南沱组冰海相含冰碛砾泥岩（萍乡广寒寨）

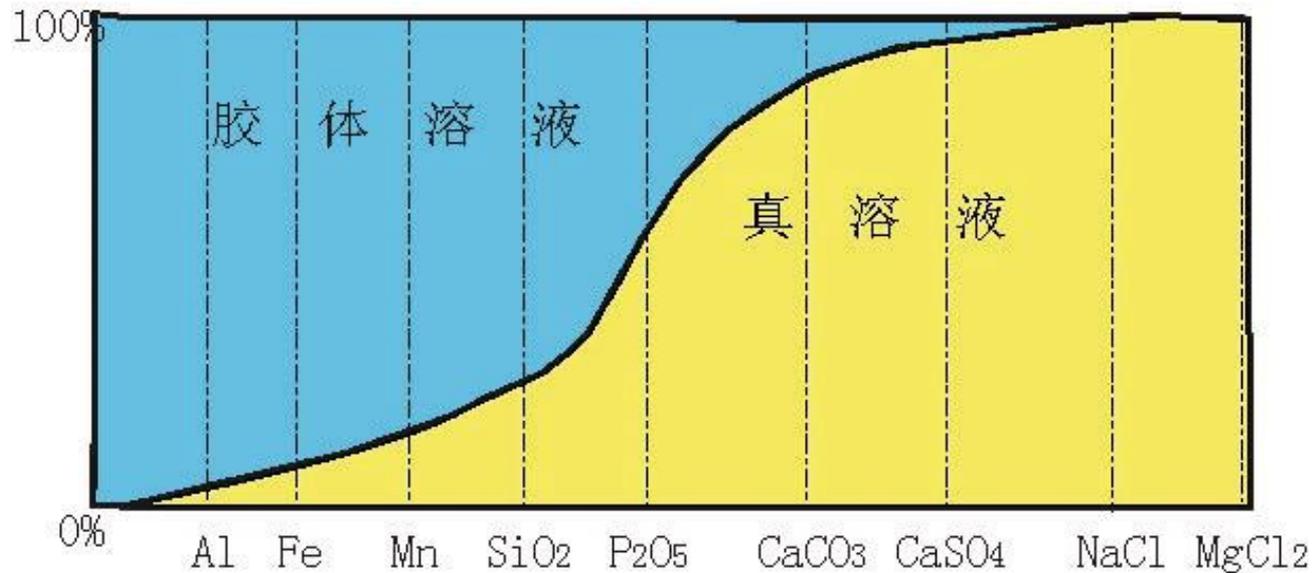
# 第二章 沉积岩的形成过程

- 第一节 沉积岩原始物质的形成
- 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用
- 第三节 溶解物质的搬运和沉积作用
- 第四节 沉积后作用及其阶段划分

# 第三节 溶解物质的搬运和沉积作用

## 一、概述

母岩风化产物中的溶解物质主要为Cl、S、Ca、Na、K、Mg、P、Si、Al、Fe等，前面的溶解度较大，常呈真溶液搬运；后面的物质溶解度较小，多呈胶体溶液。它们在河水或地下水中均呈溶解状态，向湖泊或海洋中转移。



在自然界中胶体溶液与真溶液的分布情况示意图

# 第三节 溶解物质的搬运和沉积作用

## 二、胶体溶液物质的搬运和沉积作用

- 1. 胶体溶液：介于粗分散系(悬浮液)和离子分散系(真溶液)间，粒子直径介于 $1\sim 100\ \mu\text{m}$ 间，多呈分子状态，受重力影响极其微弱，扩散能力很弱的胶体质点。
- 2. 胶体质点常带有电荷
  - ✓ 正胶体：表面带正电荷，如Fe、Al含水氧化物胶体
  - ✓ 负胶体：表面带负电荷，如Si、Mn氧化物，Pb、Cu硫化物；

正胶体	负胶体
Al(OH) <sub>3</sub> Fe(OH) <sub>3</sub> Cr(OH) <sub>3</sub> Ti(OH) <sub>4</sub> Ce(OH) <sub>4</sub> Cd(OH) <sub>2</sub> CuCO <sub>3</sub> MgCO <sub>3</sub> CaF <sub>2</sub>	PbS,CuS,CdS,As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> ,Sb <sub>2</sub> S等硫化物 S,Au,Ag,Pt 粘土质胶体，腐植质胶体 SiO <sub>2</sub> ,SnO <sub>2</sub> MnO <sub>2</sub> ,V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>

# 第三节 溶解物质的搬运和沉积作用

## 二、胶体溶液物质的搬运和沉积作用

### ■ 3. 胶体溶液稳定因素

- ✓ 布朗运动可抗衡重力作用，不使胶粒下沉
- ✓ 同种电荷的胶体质点之间的相互排斥力
- ✓ 扩散层和双电子层中反离子和溶剂的亲合作用，形成的溶剂化膜，缓冲和阻碍粒子的碰撞

## 第三节 溶解物质的搬运和沉积作用

### 二、胶体溶液物质的搬运和沉积作用

#### ■ 4. 胶体聚集和沉淀的因素

- ✓ 正负胶体相遇—“相互聚沉”：**SiO<sub>2</sub>胶体同氢氧化铝胶体相遇后电荷中和，形成如高岭石沉淀。**
- ✓ 电解质作用：不同名电荷（电解质）与胶粒电荷中和，胶体降低电动电势，失去稳定性而凝聚。**海水有大量电解质，河流携带的胶体与其相遇，形成凝胶沉淀，三角洲和海岸常见大量粘土及氧化铁胶体沉积物，还能凝集成铁、铝、锰巨大沉积矿床。**
- ✓ 蒸发作用：一方面促使胶体浓度增加，胶粒间的碰撞机会增加，另一方面也增大了胶体溶液中电解质的浓度。
- ✓ 溶液的pH和Eh值变化：**胶体沉淀时都有一定的pH和Eh值。高岭石在酸性介质(pH = 6.6 ~ 6.8)中发生凝聚，蒙脱石在碱性介质(pH=7.8)中凝聚。**
- ✓ 温度增加，剧烈振荡，大气放电，毛细管作用等
- ✓ 穿透能力较强的辐射线—如带负电荷的β射线可使正胶体凝聚。

## 第三节 溶解物质的搬运和沉积作用

### ■ 5. 胶体的搬运和沉积特点：

- (1) 胶体的质点极小，在搬运和沉积中，重力的影响是很微弱的。
- (2) 由于表面的离子化作用，胶体质点常带电荷。带电性是影响它搬运和沉积的一个很重要的因素。
- (3) 胶体的粒子比真溶液的离子要大得多，故扩散能力很弱，往往不能穿越致密的岩石。
- (4) 胶体有吸附现象，对某些有用元素富集成矿有重要意义。

### ■ 6. 胶体沉积物的特点

- ✓ 呈贝壳状断口
- ✓ 因脱水出现收缩裂隙，易敲击成尖棱角状碎块
- ✓ 常呈钟乳状、肾状、豆状
- ✓ 孔隙度较大，吸收性较强
- ✓ 巨厚层、透镜状、结核状产出
- ✓ 化学成分常不固定，常吸附不定量水份、有机质及各种金属元素。

# 第三节 溶解物质的搬运和沉积作用

## 三、真溶液物质的搬运和沉积作用

### ■ 1.真溶液物质

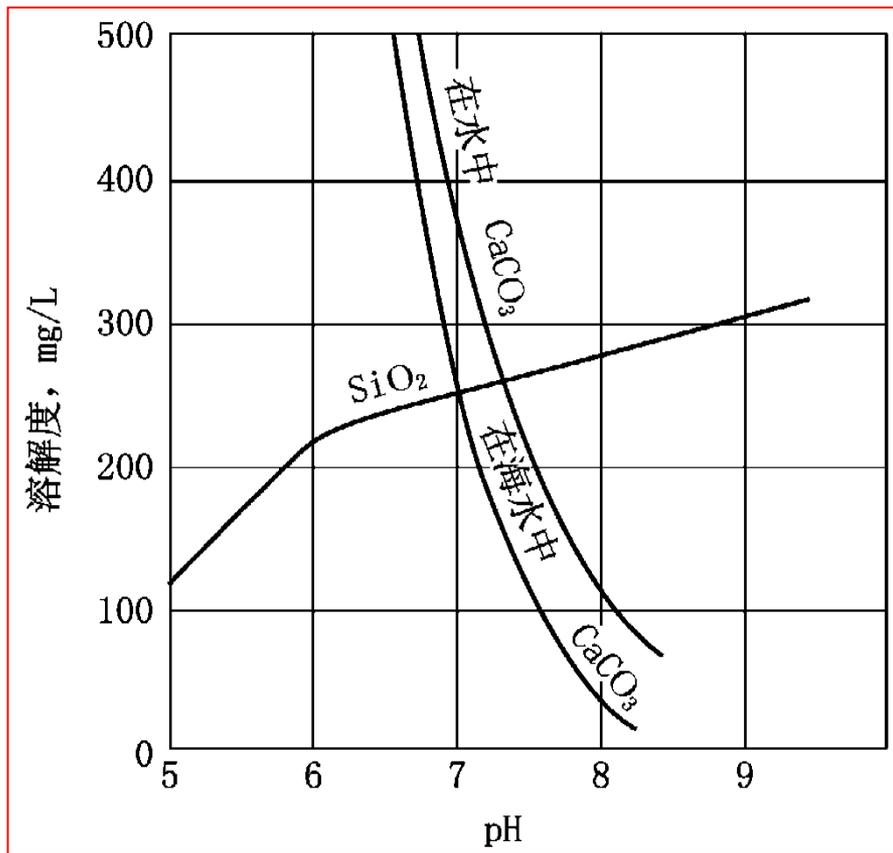
- ✓ 是指在溶液中呈离子状态存在的化学物质
- ✓ 主要有：母岩风化产生的Cl、S、Ca、Na、K、Mg等

### ■ 2.真溶液物质搬运及沉积作用的控制因素

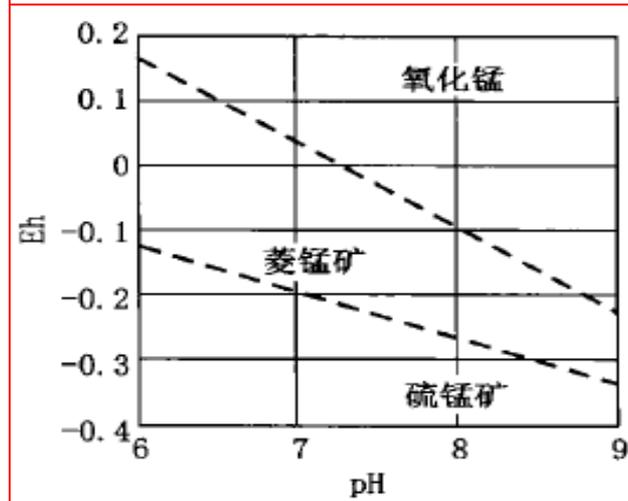
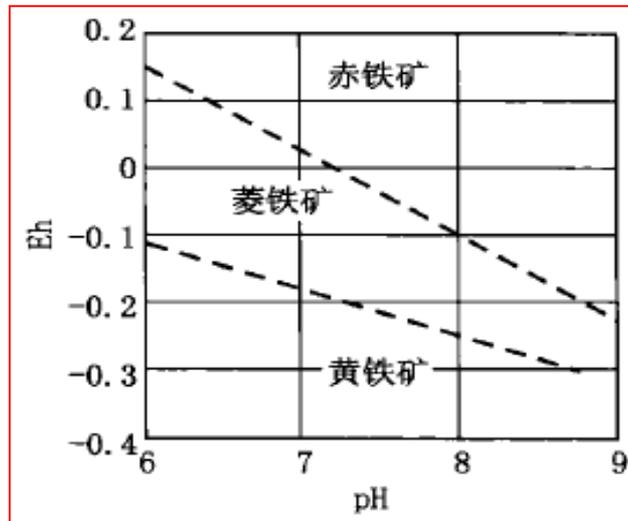
- ✓ 溶解度—根本控制因素
  - 溶解度大，易搬难沉；反之易沉难搬（如Si、Al、Fe、Mn）
- ✓ 介质的酸碱度（pH值）
  - 某些溶解物质的溶解度随pH值变化而变化  
如：酸性介质条件下， $\text{SiO}_2$ 沉淀而 $\text{CaCO}_3$ 溶解，在碱性介质中则相反
  - 随pH值变化，某些溶解物质沉淀形式不同  
如：铁，pH=2~3以 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀，pH=5以 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀。pH=6~7，溶液含 $\text{CO}_2$ ，以 $\text{FeCO}_3$ 沉淀。
- ✓ 介质的氧化—还原电位（Eh值）
  - Eh值对铁、锰等变价元素的溶解和沉淀影响很大

# 第三节 溶解物质的搬运和沉积作用

## pH值及Eh值对真溶液物质搬运和沉积作用的影响



SiO<sub>2</sub>及CaCO<sub>3</sub>的溶解度与介质pH值的关系 (转引自鲁欣, 1958)



各种铁、锰矿物生成时所需的Eh和pH值

# 第三节 溶解物质的搬运和沉积作用

## 三、真溶液物质的搬运和沉积作用

### ■ 2.真溶液物质搬运及沉积作用的控制因素

#### ✓ 温度和压力

- 一般物质的溶解度随温度升高而增大
- 压力对溶液中CO<sub>2</sub>含量影响很大

#### ✓ 溶液中CO<sub>2</sub>的含量——对碳酸盐影响很大



- P<sub>CO<sub>2</sub></sub>升高，即CO<sub>2</sub>浓度增高，平衡向右移动，CaCO<sub>3</sub>溶解
- 反之，向左移动CaCO<sub>3</sub>沉淀

- 水中CO<sub>2</sub>含量与温度、压力有关

#### ✓ 其它

- 气候、蒸发作用

## 第三节 溶解物质的搬运和沉积作用

### ➤ 四、生物的搬运和沉积作用

■ 生物作为一种搬运营力意义较小，沉积作用意义重大。

■ 生物搬运和沉积作用的方式：

✓ 直接作用—生物遗体直接堆积成岩或沉积矿床

■ 有机质部分埋藏下来经生物化学演化，可形成石油、天然气、煤以及油页岩等。

■ 无机的生物外壳和骨骼经富集堆积后可形成岩石或矿床



## 第三节 溶解物质的搬运和沉积作用

生物搬运和沉积作用的方式:

✓ 间接作用

• 生物化学沉积作用

◆ 生物的生命活动过程或生物遗体分解过程引起介质物理化学环境变化, 使某些溶解物质沉淀, 或由于有机质吸附作用使某些元素沉积

• 生物物理沉积作用

◆ 指生物在生命活动中通过捕获、粘结或障积等作用使沉积物沉淀



a. 钙片页岩, 莱110井, 2796.6m



叠层石

## 第三节 溶解物质的搬运和沉积作用

### 五、沉积分异作用的概念

母岩风化产物以及其他来源的沉积物在搬运和沉积过程中会按颗粒大小、形状、比重、矿物成分和化学成分在地表依次沉积下来的现象，也叫地表沉积分异作用。

#### ➤机械分异作用：

✓主要受物理原理支配，见于碎屑物质中

✓碎屑物质在流水搬运和沉积的过程中，将按粒度、密度、形状、成分等差异发生有序沉积的现象

#### ➤化学分异作用：

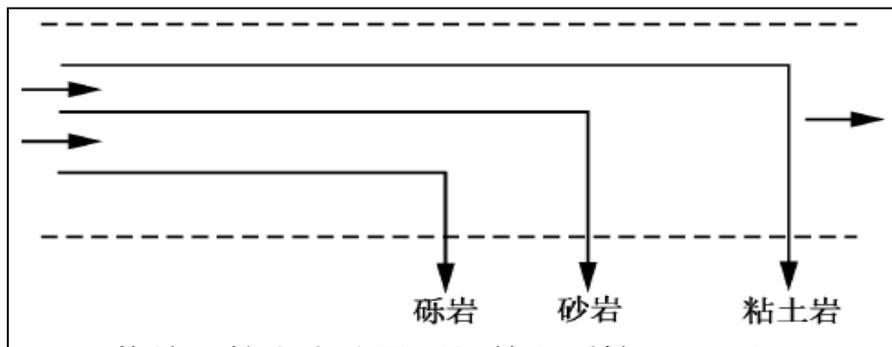
✓主要受化学原理支配，见于溶解物质沉积过程

# 沉积分异作用

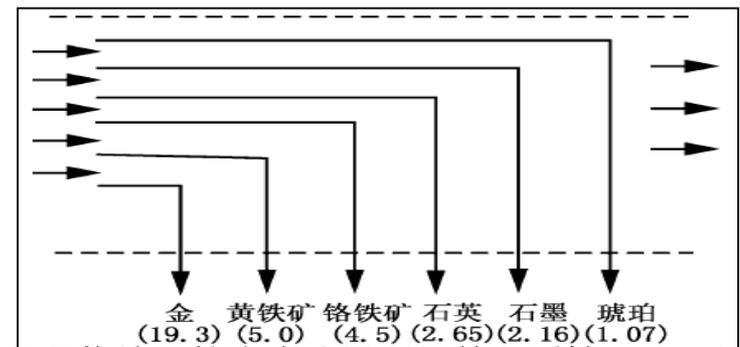
## (一) 机械沉积分异作用

■碎屑物质在流水搬运和沉积的过程中，将按粒度、密度、形状、成分等差异发生有序沉积的现象

- **粒度分异**：粒度由大变小，分选由差变好
- **密度分异**：按密度大小依次沉积，相对密度大的逐渐减少
- **形状分异**：片状颗粒比等轴粒状颗粒搬运得远，圆度和球度高的滚动颗粒更易于搬运
- **矿物成分分异**：稳定矿物含量增高



沉积物按颗粒大小分异 (据曾允孚等, 1986)



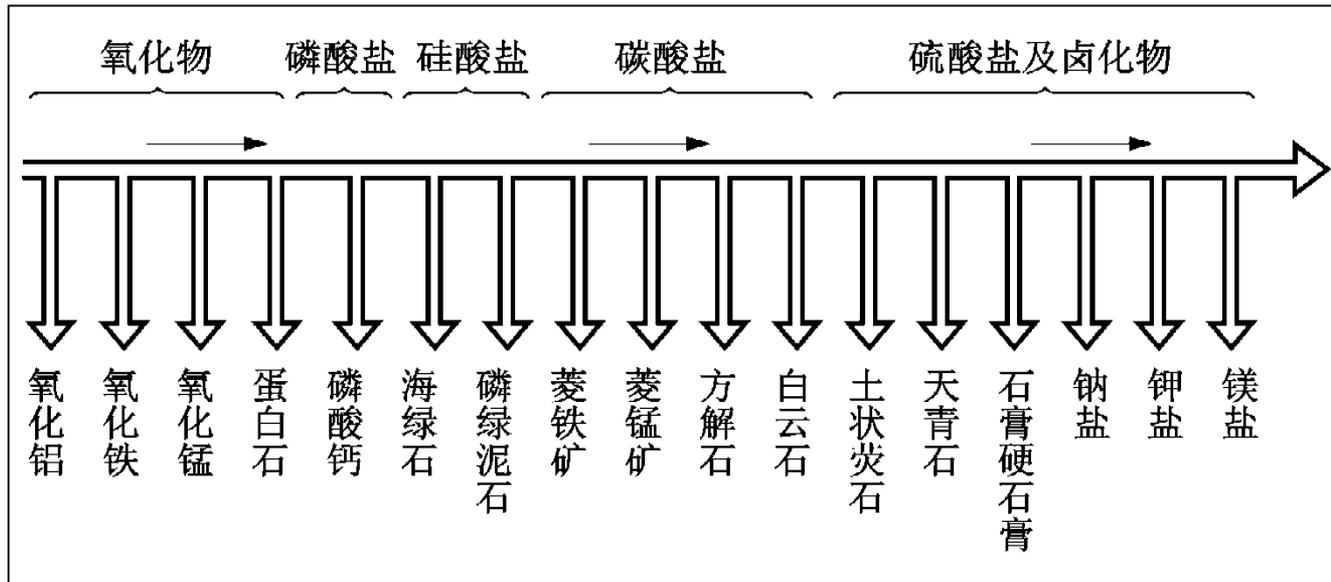
沉积物按颗粒密度分异 (据曾允孚等, 1986)

# 沉积分异作用

## (二) 化学沉积分异作用

### ■ 化学沉积分异作用的概念

溶液中的溶解物质在搬运和沉积过程中，由于化学活泼性或溶解度的差异，以及物理化学条件的变化，将按一定的顺序依次从溶液中沉淀出来的现象。



氧化物→磷酸盐→硅酸盐→碳酸盐→硫酸盐和卤化物

# 沉积分异作用

## ■ 关系：

- ✓ 两者并存
- ✓ 机械沉积分异作用早些，化学沉积分异作用晚些。
  - 机械沉积分异作用的砂和粉砂阶段，大致与铁的氧化物阶段即化学沉积分异作用的开始阶段相当；
  - 机械沉积分异作用的最后阶段即粘土沉积的阶段，大致与化学沉积分异作用的碳酸盐沉积阶段相当；
  - 待化学沉积分异作用进行到硫酸盐及卤化物阶段时，机械沉积分异作用已基本结束。

## ■ 地质意义：

- ✓ 形成各种类型的碎屑沉积岩和化学沉积岩以及相应的沉积矿产，分异越彻底，对矿产形成越有利。

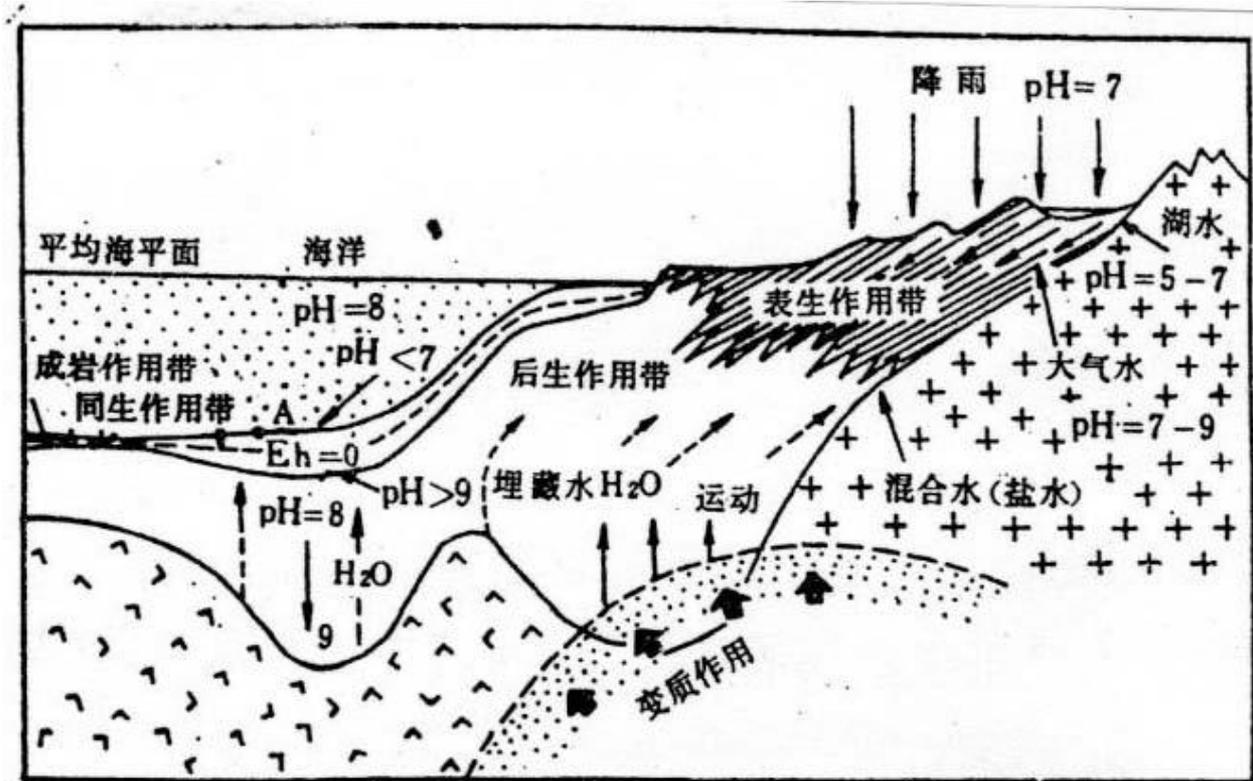
# 第二章 沉积岩的形成过程

- 第一节 沉积岩原始物质的形成
- 第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用
- 第三节 溶解物质的搬运和沉积作用
- 第四节 沉积后作用及其阶段划分

## 第四节 沉积后作用及其阶段划分

### 一、沉积后作用 (Postdeposition) 的概念

沉积物形成以后到沉积岩的风化和变质作用以前这一演化阶段的所有变化或作用，包括成岩作用和后生作用。其上限为沉积物表面，下限为变质带顶部(广义的成岩作用)。



## 第四节 沉积后作用及其阶段划分

### 二、阶段划分

**划分依据：**粘土矿物、煤岩学、地球化学环境、埋深、综合

**冯增昭的划分方案**

➤ 同生作用、准同生作用，成岩作用和后生作用阶段

● 在生产和科研实践中，一般用中油集团公司的划分规范（中华人民共和国石油天然气行业标准，2004）

➤ 同生成岩阶段（Syndiagenetic stage）

➤ 早成岩阶段（Early diagenetic stage）

➤ 中成岩阶段（Middle diagenetic stage）

➤ 晚成岩阶段（Late diagenetic stage）

➤ 表生成岩阶段（Epidiagenetic stage）

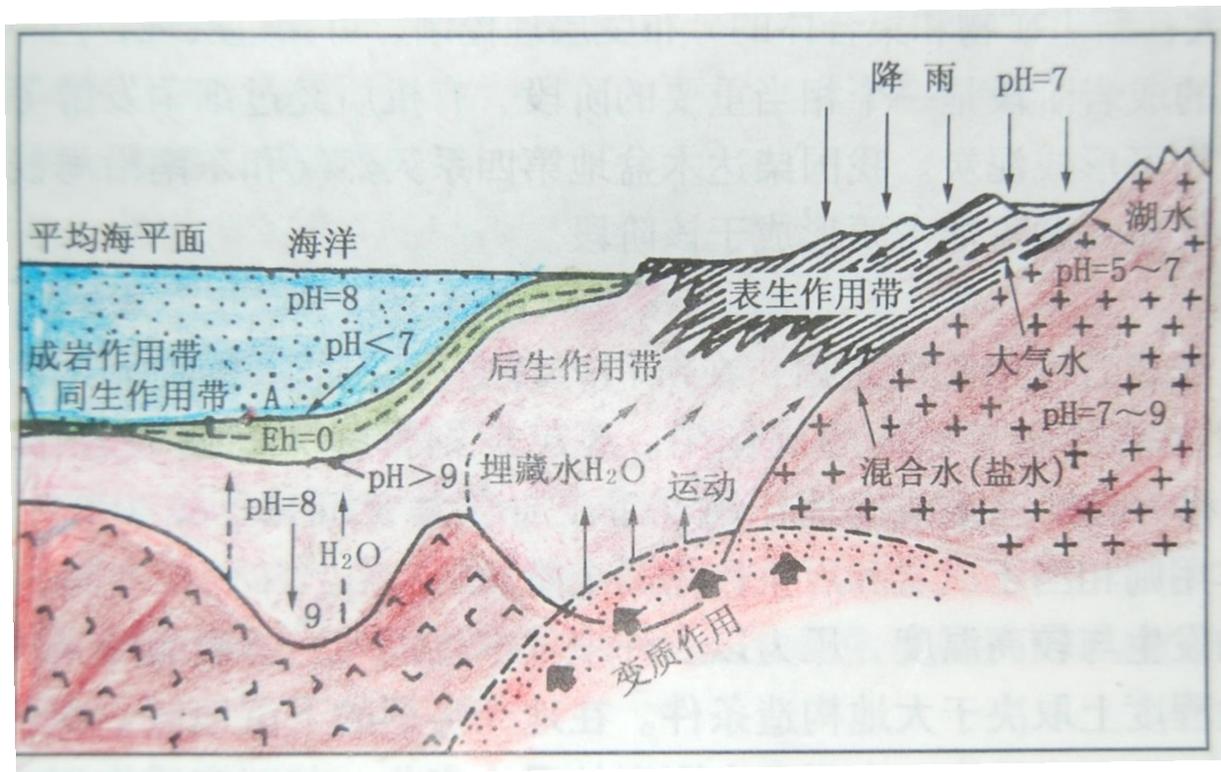
分析表2-5 碎屑岩成岩阶段划分标志(参见教材P38)

## 第四节 沉积后作用及其阶段划分

### 1. 同生作用

指沉积物刚刚沉积后而且尚与上覆水体相接触时的变化，也称为“海底风化作用”或“海解作用”。

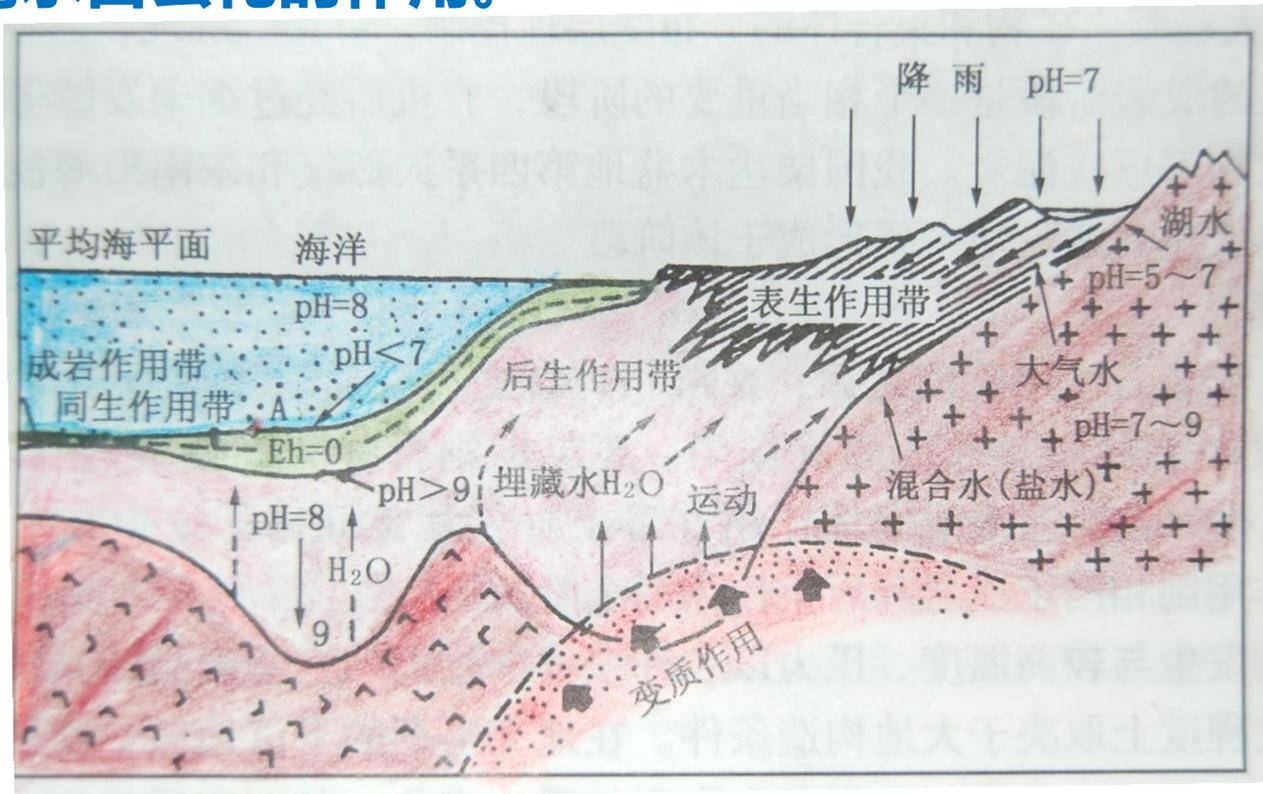
现代海洋中的铁锰结核就是这一阶段形成的，海绿石也可能是这一阶段的产物。



## 第四节 沉积后作用及其阶段划分

### 2. 准同生作用

这一变化发生在同生作用后，沉积物已基本与水体脱离，但基本上还未脱离沉积时的环境。 主要指潮上带的疏松 $\text{CaCO}_3$ 沉积物被高镁粒间水白云化的作用。

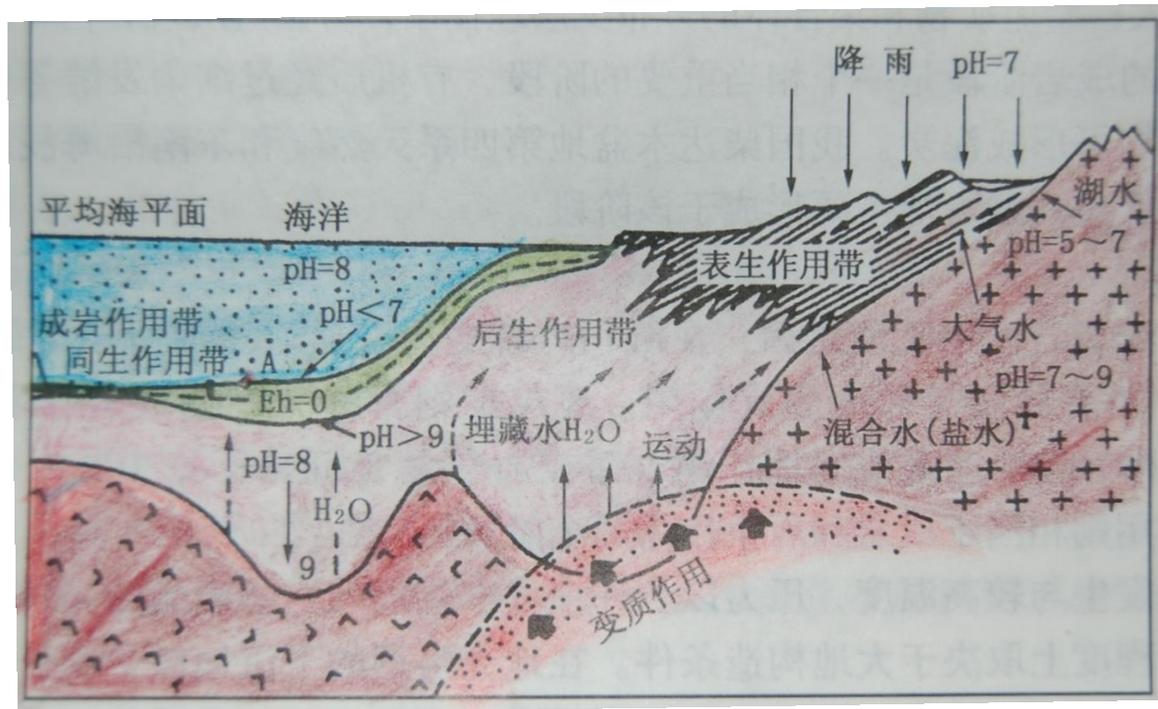


## 第四节 沉积后作用及其阶段划分

### 3. 成岩作用 (diagenesis)

是指上覆沉积物不断增加，使早起沉积物逐渐被掩埋，沉积物基本与上覆水体脱离的情况下，由疏松的沉积物转变为固结的沉积岩的作用。

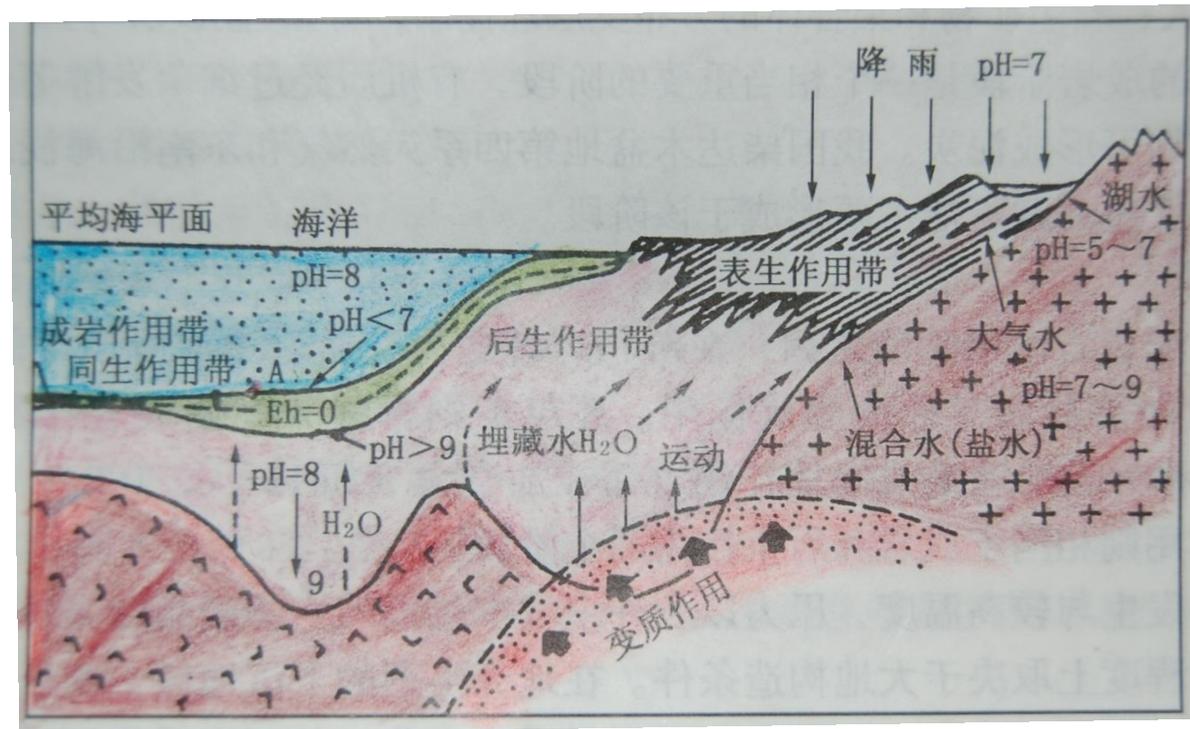
真正的成岩作用，也叫狭义的成岩作用。通常所说的成岩作用一般是指广义的成岩作用。



## 第四节 沉积后作用及其阶段划分

### 4. 埋藏成岩作用

多用于描述陆源碎屑沉积盆地中的碎屑沉积物随埋深增加，主要由于机械压实作用、化学胶结作用和溶解作用，致使岩石逐渐变致密、孔隙度减小、物性变差等一系列物理和化学变化直到变质的作用。



## 第四节 沉积后作用及其阶段划分

### 5. 后生作用

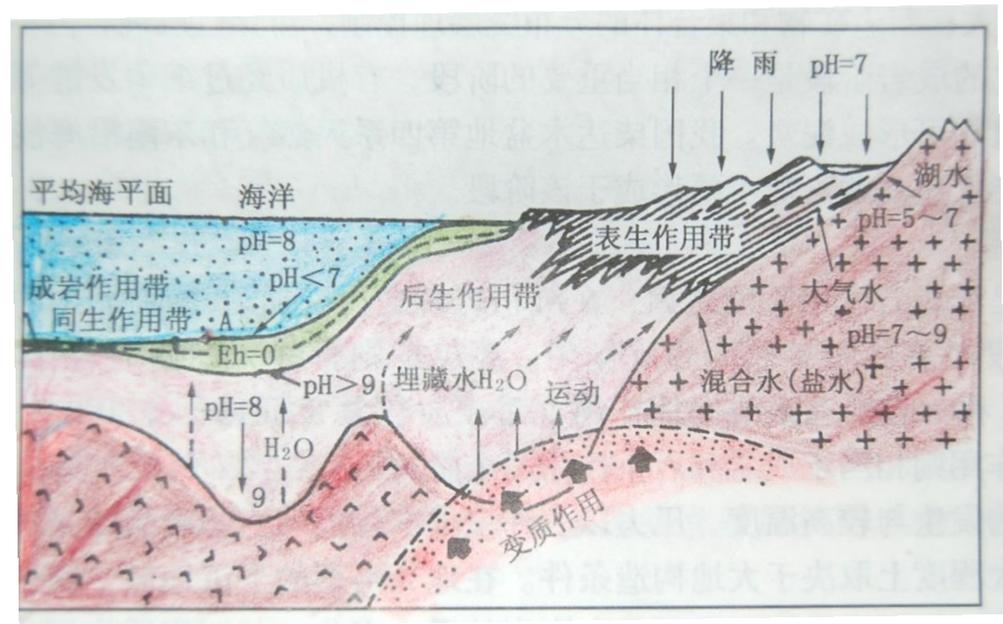
泛指沉积岩形成以后，到遭受风化和变质作用以前发生的变化或作用。

#### (1) 表层后生作用

在接近地表的沉积岩层中，主要是在地下水面附近所发生的一些作用。

#### (2) 深部后生作用

■ 是指地层深部沉积岩的后生作用。深度可达6000~8000m。



# 预 习

- 碎屑岩的概念；
- 碎屑岩的成分包括哪几部分？
- 什么是岩屑？碎屑岩中主要有哪些类型的岩屑？
- 研究碎屑颗粒的意义
- 成熟度的概念
- 杂基是什么，杂基有哪些类型？杂基意义（流体性质、沉积速率、结构成熟度）
- 胶结物是什么？有哪些类型？
- 什么是填隙物？其概念的相对性是指什么？