

第四章—1 沉积物的搬运和沉积作用

第一节 概述

第二节 风化、搬运和沉积的主要地质营力

第三节 搬运和沉积中流体的基本类型

第四节 沉积物的机械搬运方式和床沙形体

第五节 沉积物的搬运方式和沉积方式

沉积物的形成作用包括风化作用、搬运作用及沉积作用。

♣ **风化**：是先成岩石(三大岩类)转化为新沉积物质的开始。

♣ **搬运**：新沉积物质运移,过路的和到盆地沉积的。

♣ **沉积**：随着搬运能力的减弱，沉积物发生沉积；沉积下来后，可长期固定不再移动，也可在搬运，再沉积。

搬运和沉积的介质包括：水、大气、冰川、生物。

The Rock Cycle

岩石循环

搬运

风化

Weathering

Transportation

隆起和暴露

Uplift and Exposure

喷出火山岩

Igneous rocks (extrusive)

沉积

Deposition

沉积物

Sediments

成岩作用

Lithification

沉积岩

Sedimentary rocks

固结作用

Consolidation

侵入火山岩

Igneous rocks (intrusive)

变质作用

Metamorphism

变质岩

Metamorphic rocks

Crystallization

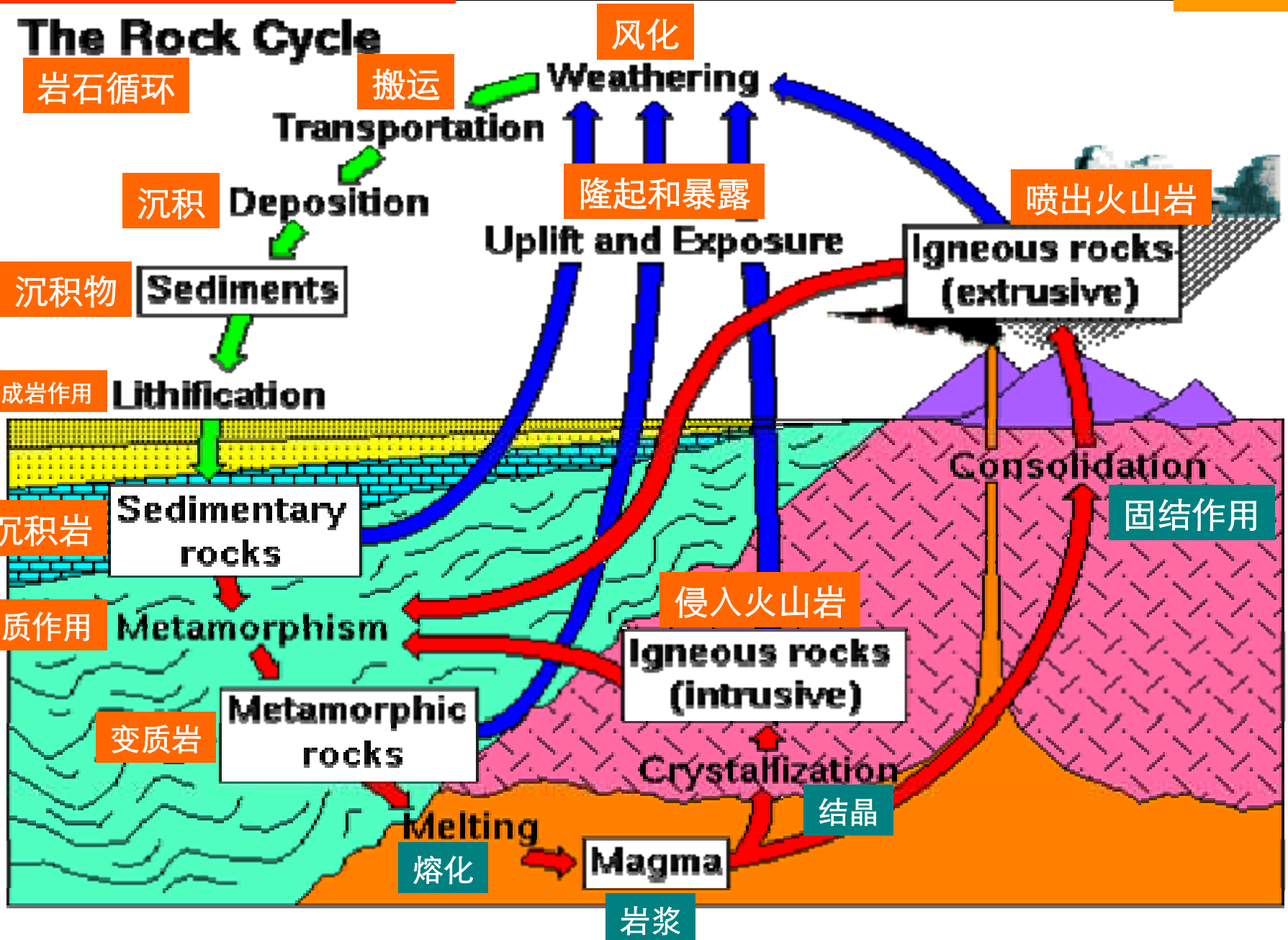
结晶

Melting

熔化

Magma

岩浆



沉积物的搬运和沉积作用类型可分为三大类：

- (1) 碎屑物质的机械搬运和沉积作用，
- (2) 溶解物质的搬运和化学沉积作用，
- (3) 生物搬运和沉积作用。

(1) 机械搬运和沉积作用：碎屑物质、粘土物质及内源颗粒物质的搬运和沉积作用是受流体力学定律支配。

悬浮在介质中被搬运，称作悬移搬运；

在介质底部呈滚动或跳动方式被搬运，称为推移搬运。

(2) 溶解物质的搬运和化学沉积作用：溶解物质在水介质中以真溶液或胶体溶液状态被搬运。其搬运和沉积作用是受化学和物理化学定律所支配。

(3) 生物搬运和沉积作用(影响作用)：生物的搬运作用相对来说意义不大，但其沉积作用意义巨大。通过生物生理作用、生物物理作用和生物化学作用可使大量溶解物质、内源颗粒物质以及部分粘土物质发生沉积。

第一节	概述
第二节	风化、搬运和沉积的主要地质营力
第三节	搬运和沉积中流体的基本类型
第四节	沉积物的机械搬运方式和床沙形体
第五节	沉积物的搬运方式和沉积方式

第二节 风化、搬运和沉积的主要地质营力

1、地质作用：造成地壳物质组成、结构构造发生变化的作用。包括外力和内力地质作用。沉积物的**风化、搬运和沉积**作用主要受控于外力地质作用。

2、地质营力：地质作用的能量。地质营力一方面破坏着地壳岩石，同时又形成新的岩石。

3、介质：传播能量的媒介。风化、搬运和沉积作用的介质类型有三种（三态）：

♣**液态**（水）：如流水、地下水、湖泊和海洋等；

♣**固态**（冰川）；♣**气态**（大气和风）。

第一节	概述
第二节	风化、搬运和沉积的主要地质营力
第三节	搬运和沉积中流体的基本类型
第四节	沉积物的机械搬运方式和床沙形体
第五节	沉积物的搬运方式和沉积方式

第三节 搬运和沉积中流体的基本类型

水和大气是搬运和沉积介质，它们都是流体。流体有两种基本类型：牵引流与重力流。

牵引流和重力流的流体力学性质、流体与颗粒的力学关系都有差异，从而形成不同的沉积特征。

牵引流（tractive current）的概念： current in standing water that transports sediment along the bottom, as in a river, contrasted with turbidity current 。

牵引流是牛顿流体，属静水流（弱水流）作用的流体，能沿沉积底床搬运沉积物的流体。包括河流、海流、波浪流、潮汐流、等深流、大气流等。

重力流（turbidity current）的概念：

是非牛顿流体，由沉积介质与沉积物混为一体和整体搬运（又称密度流和块体流，**整体混浊度大**），以悬移方式搬运为主。（**弥散有大量沉积物的高密度流体**）

牵引流的搬运力：

（1）作用在沉积物上的推力(牵引力)，推力主要取决于**流速**，推力愈大则能搬运的沉积物颗粒愈大；

（2）负荷力(或称载荷力)，主要取决于**流量**，负荷力愈大则能搬运的沉积物数量就愈多。

实例：山间急流可以搬运达几十吨重的巨石，但搬运量较小；长江每年能搬运**9.7**亿吨泥砂，却不能推动一块大的砾石。

重力流的搬运力，由水与沉积物高度混合（高密度流体），在重力作用下（在斜坡，位能大于沉积物内部凝聚力或摩擦阻力时），使混合的流体整体移动。

约翰逊将高密度重力流称作“浊流”。

重力流的平均流速比相应规模的牵引流要小，因为重力流的密度高，同时，在上界面产生了摩擦引起附加阻力。浊流的最大流速不超过30m/s，大陆斜坡上5~7m/s，深海平原4m/s。

随着距离增大，浊流可与上覆水体混合而降低其密度，流速降低，使运载的悬浮物下沉，密度也就降低。重力流随着密度降低，可向牵引流转变。

	主要类型	触发机制	表现特征
牵引流	河流、潮流 沿岸流、等深流	水流活动	持续
重力流	碎屑流、颗粒流、液化流、浊流	沉积物位能大于其内部凝聚力或摩擦阻力	脉动

- 第一节 概述
- 第二节 风化、搬运和沉积的主要地质营力
- 第三节 搬运和沉积中流体的基本类型
- 第四节 沉积物的机械搬运方式和床沙形体
- 第五节 沉积物的搬运方式和沉积方式

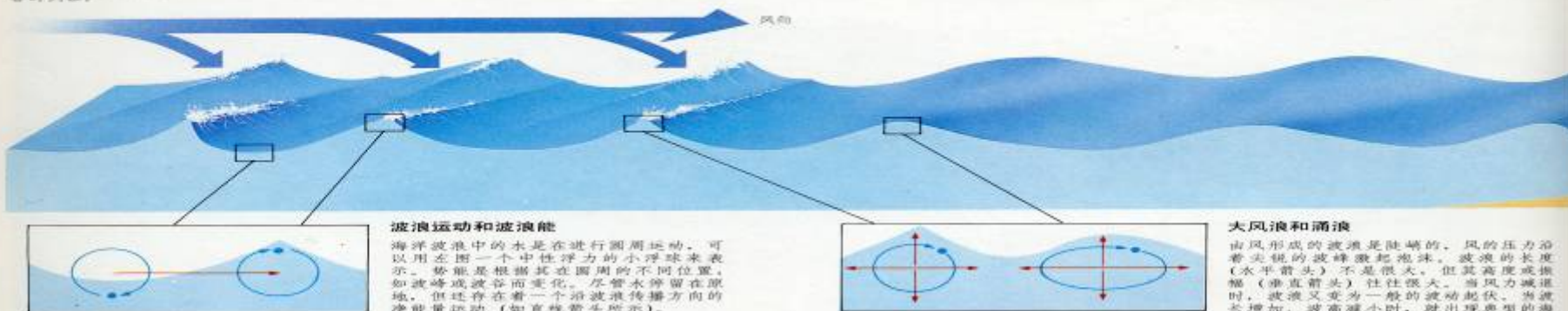
第四节 沉积物床沙形体（底床形态）

床沙形体(底形、底床、床面形态): 随着流体流动强度变化, 在沉积物表面出现的不同几何形态。在明渠水流中, 按流动强度(福劳德数)的不同分为: 缓流、临界流、急流。

随着流动强度的加大(缓流→临界流→急流), 依次出现下列底床形态(图4-1):

风和海浪

海洋占地球表面积的 71%, 在这一区域, 大气圈和水面相互之间进行着复杂的物理作用。波浪是其中常见的显著例证。



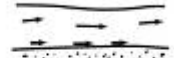
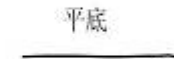


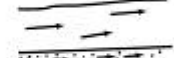

波浪运动和波浪能

海洋波浪中的水是在进行圆周运动, 可以用左图一个中性浮力的小浮球来表示。势能是根据其在圆周的不同位置, 如波峰或波谷而变化。尽管水停留在原地, 但还存在着一个沿波浪传播方向的净能量运动(如直线箭头所示)。

大风浪和涌浪

由风形成的波浪是陡峭的, 风的压力沿着尖锐的波峰激起泡沫。波浪的长度(水平箭头)不是很大, 但其高度或振幅(垂直箭头)往往很大。当风力减弱时, 波浪又变为一般的波动起伏。当波长增加, 波高减小时, 就出现典型的海洋涌浪。水的圆周运动变为椭圆形, 但波能消失得很缓慢。

流动强度与底床形态（层理类型）

				Fr值	流态	床沙类型
缓流 $Fr < 1$	无颗粒移动的平坦床沙	水体平静，无颗粒运动，底床平坦，即无沙纹及沙丘迁移	水平层理	$Fr < 1$	低流态	水流方向  平底
	沙纹（小波浪）	波高<5cm，波长<30cm，流速小，水面平静或具小型波浪现象	小型交错层理			 沙纹（小波浪）
	沙丘（大波浪）	流速 50cm/s，波高 10-20cm，波长可达几米，水面出现汹涌波浪。沙纹和沙丘都是属异相波，即水面的波形与床沙波痕表面的位置不一致	大型交错层理			 沙丘（大波浪）
临界流 $Fr \approx 1$	受冲刷的沙丘（受冲刷的大波浪）	波痕规模大，波长几米—几十米，波高<<波长	海滩冲洗交错层理			↑ 水流速度减小  受冲刷的沙丘
急流 $Fr > 1$	受冲刷的平坦床沙	颗粒的移动平行于水的流动方向	平行层理	$Fr \approx 1$	过渡流态	 受冲刷的平底
	逆行沙丘	向上游移动的波浪状床沙形体，表现为向上游一侧进行加积，下游一侧受到侵蚀。水面波形与底形波痕一致，属于同相波。	逆行沙丘层理	$Fr > 1$	高流态	 逆行沙丘
		当水流的振动波幅变化大时，局部能生成高能量的波浪，最后加大流速，形成冲槽和冲坑				

根据0.6mm，水槽宽2.44m，长45.72m的实验结果：

在水深10m的情况下，要达到Fr值等于1，就要求水流速度为9.9m/s，这样高的流速是急流，比较少见。在浅水环境中，一般只达到2m/s。因此，在自然界中，急流通常出现在几毫米至几米深的极浅水中。

影响底床形态最重要的因素是流动强度、平均流速、颗粒大小、水体深度。

索瑟德 (Southard, 1975) 根据水体深度、流速、粒度等参数作图

随着平均流速的增大	无颗粒 移动的平坦床沙	沙纹	沙丘	受冲刷的沙丘	受冲刷的平坦床沙
粗粒, 1.15-1.35mm	✓	✗	✓		
中粒, 0.5-0.55mm	✓	✓	✓		✓
细粒, 0.1mm	✓	✓	✗	✗	✓

C-5(antidun,
逆行沙丘).mov—“见动画”



B-5(lamturb,低
密度浊流的缓
慢移动).mov —“见动画”



B-4(turbwrg,
浊流概念和
过程).mov —“见动画”



第一节	概述
第二节	风化、搬运和沉积的主要地质营力
第三节	搬运和沉积中流体的基本类型
第四节	沉积物的机械搬运方式和床沙形体
第五节	沉积物的搬运方式和沉积方式

第五节 沉积物的搬运方式和沉积方式

一、机械搬运和沉积作用

1. 牵引流的机械搬运和沉积作用
2. 重力流的机械搬运和沉积作用

二、溶解物质的搬运和化学沉积作用

1. 胶体溶液的搬运和沉积作用
2. 真溶液的搬运和沉积作用

三、生物的搬运和沉积作用

1. 生物遗体直接沉积作用
2. 生物化学沉积作用
3. 生物物理沉积作用

第五节 搬运方式和沉积方式

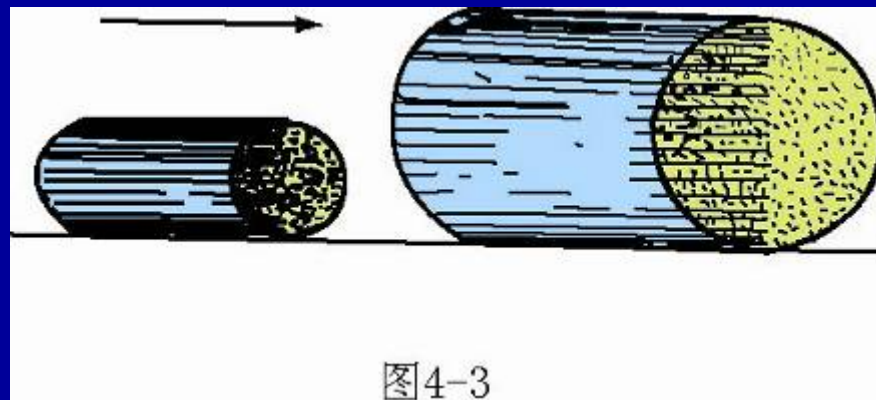
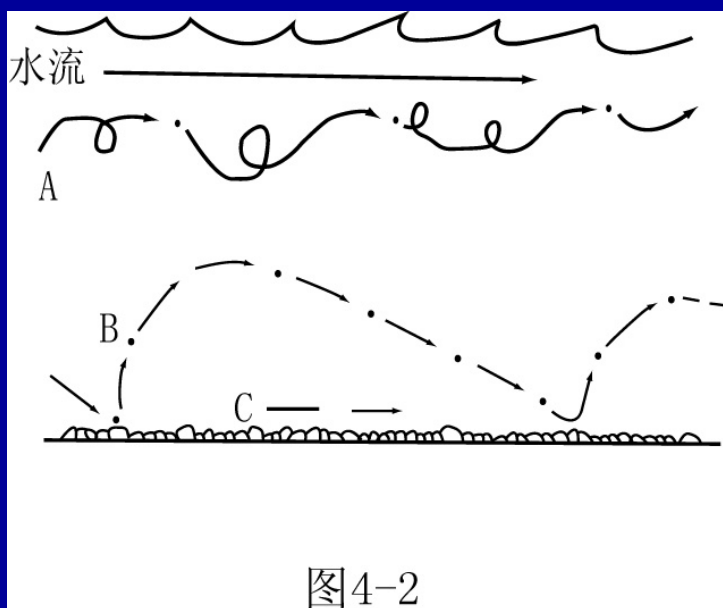
16/50

一、机械搬运和沉积作用

1. 牵引流的机械搬运和沉积作用
2. 重力流的机械搬运和沉积作用

1. 牵引流的机械搬运和沉积作用

(1) 搬运方式的类型



有3种搬运方式：滚动(图4-2C)、跳跃(图4-2B)、悬浮(图4-2A)。

A. 滚动搬运：颗粒停留在床面上，水力作用于颗粒向上游的一面，因为底部有摩擦阻力，作用于其顶部的流水比其下部的流水速度更快，推力更大，故颗粒趋向于滚动（图4-3）。

B. 跳跃搬运：颗粒顺流一边跳跃一边向前(时沉时浮)，称跳跃搬运。引起颗粒跳跃的条件是：①底部不平，使颗粒碰撞底部障碍物或其它颗粒而激发的向上弹跳力；②主要由流速引起的顺流推力；③水流引起的上举力。

C. 悬浮搬运：颗粒被水流带起，在长期内很难下沉，呈悬浮状态搬运。

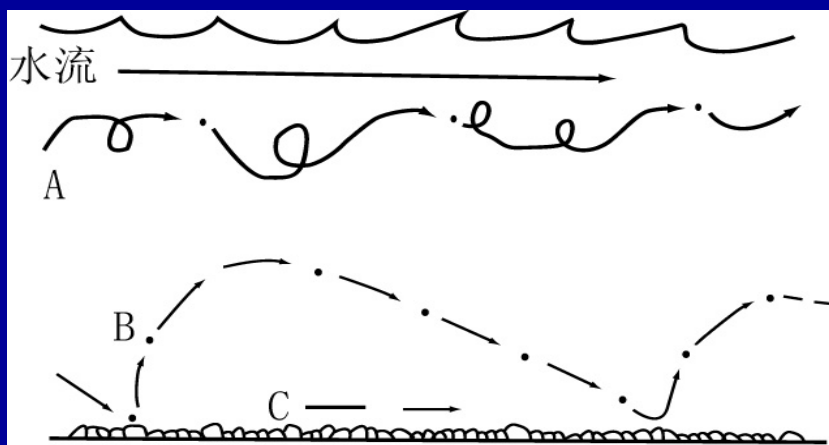


图4-2

流体作用动画演示

A-1(bdl,底载荷搬运方式).mov —“见动画”

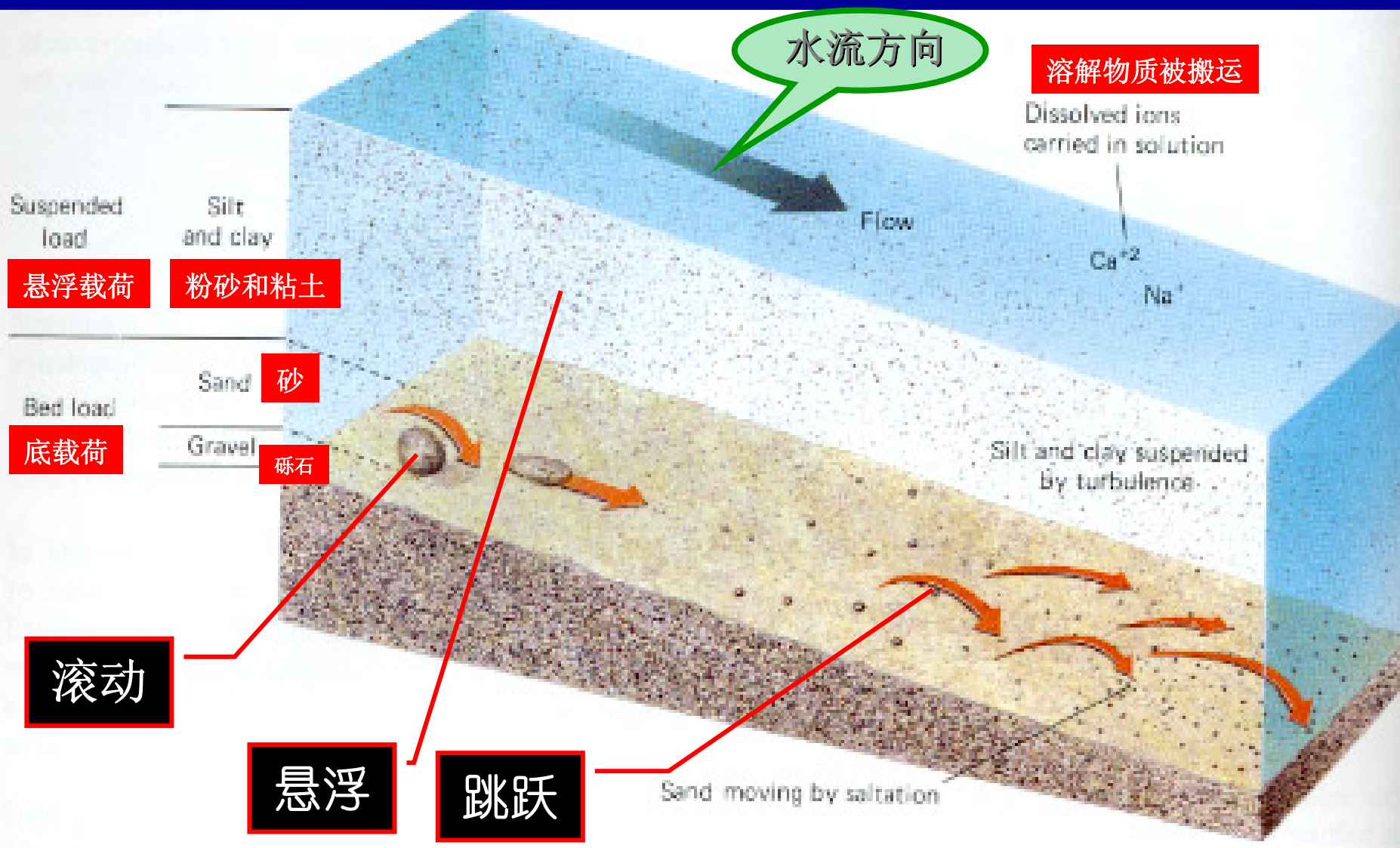


A-2(sheet,席状沙的搬运).mov —“见动画”



碎屑在牵引流中的搬运方式(理解)

18/50



(2)牵引流的搬运特点和载荷

牵引流的搬运方式与颗粒大小有关，而颗粒大小又与流速大小有关。
据尤尔斯特隆图解(Hjulstrom,1936)(图4-8)可以说明：

砾石：起动流速比沉积临界流速大，而且随流速增大颗粒也同样增大，因此砾石很难作长距离搬运，多沿河底呈滚动式推移前进。

砂：起动流速最小，与沉积临界流速相差不大，易搬运、易沉积，最为活跃，故砂粒呈跳跃式前进。

泥和粉砂：起动流速与沉积临界流速之间差值大。其是不易起动，一旦起动，就可以长距离搬运，一直到安静的水体中慢慢沉积下来。

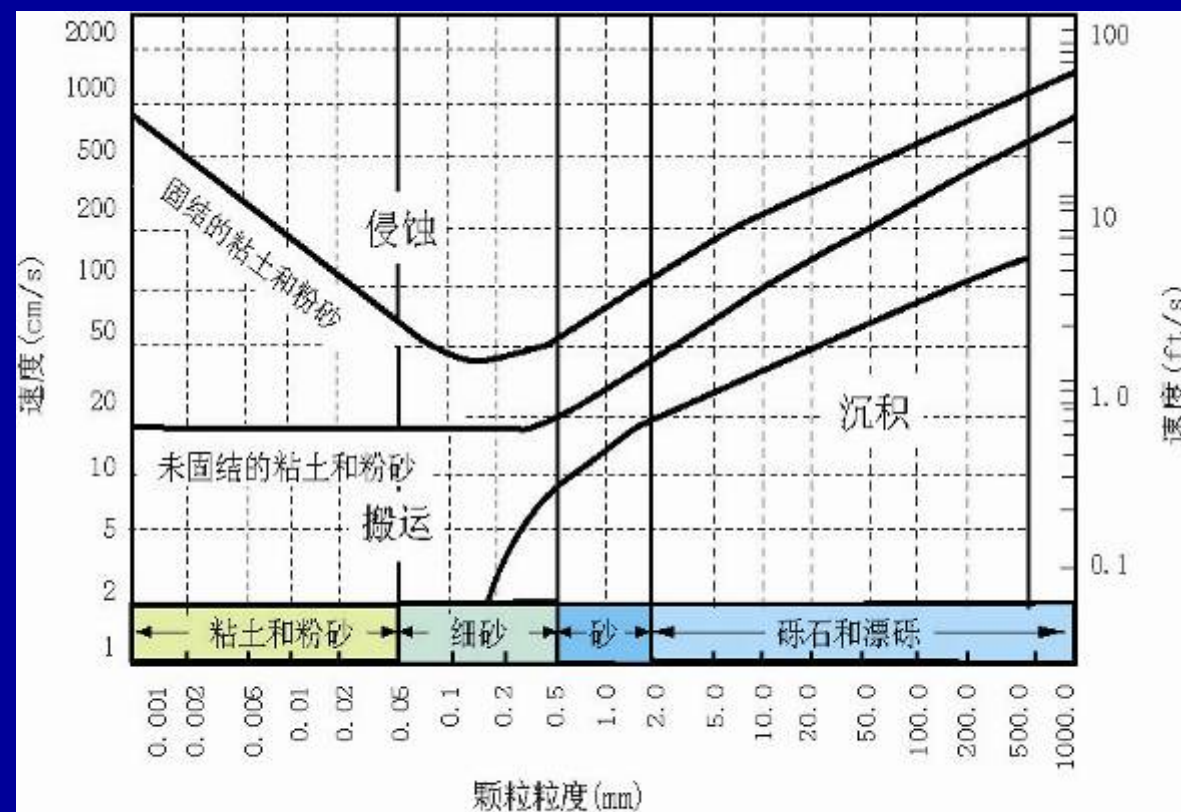
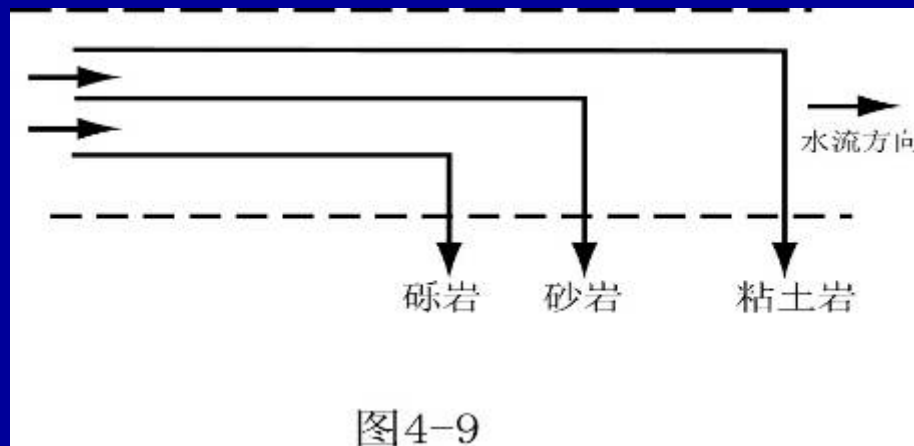


图4-8

(3)牵引流沉积作用形成的碎屑沉积物的分布规律

- ♣ 牵引流中沉积物的沉积作用服从于机械沉积分异规律。
- ♣ 沉积分异作用的概念：按物理特征（颗粒大小、形状、比重）和化学成分，沉积物呈规律性依次沉积的现象。划分为机械沉积分异作用和化学沉积分异作用。

机械沉积分异作用：当介质运动速度和运移能力降低时（能量降低时），被搬运的碎屑物质和粘土物质相应地按照颗粒大小、形状、比重发生分异并依次沉积的现象。



♣ 随流速降低，碎屑颗粒按大小不同作有规律的沉积：近源处粗颗粒先沉积，细粒被搬运到远源处沉积，即按砾石→砂→粉砂→粘土的顺序分布（河流）。

♣ 矿物相对密度与其沉积速度成正比，在粒度相近的条件下，按矿物相对密度不同进行分异，比重大者先沉积、比重小的后沉积。如砂金常与比其粒度粗的粗砂和细砾共生）。

金 → 黄铁矿 → 铬铁矿 → 石英 → 石墨 → 琥珀

19.3 5.0 4.5 2.65 2.16 1.07

♣ 按形状分异，粒状颗粒近源沉降，片状矿物可以搬运到较远处，与较细的粒状矿物共同沉积，故在细粒沉积岩层面上常富集较大的白云母片。

自然界存在不少与简单的机械沉积分异模式不相符的情况。例如：

♥ 在以潮汐流占优势的潮坪上，粒度分布恰是向岸变细；

♥ 砂坝或介壳沙堤的存在往往造成粗细沉积物呈交替重复分布；

♥ 由于支流的注入造成河流下游碎屑物变粗的情况也是常见的；

♥ 深海浊积岩的存在更是冲破了这一分异模式。

第五节 搬运方式和沉积方式

一、机械搬运和沉积作用

1. 牵引流的机械搬运和沉积作用
2. 重力流的机械搬运和沉积作用

2. 重力流的机械搬运和沉积作用

♥重力流的概念如前所述。

♥重力流与斜坡、大量沉积物、风暴、地震等因素有关。

♥松散沉积物在斜坡上聚积，其位能大于与底面的摩擦阻力时，便产生流动，逐渐形成高速的重力流。



在水体中，由于盐度的差异(如河口湾中的盐水楔)和温度的差异(如冰雪融水流入湖中形成的冷流、海洋中的寒流等)形成的密度差，都可产生密度流。含大量碎屑沉积物质的重力流是密度流的一种（高密度流体）。

重力流的沉积在一定位置上整体沉积。在流动时，以整体形式搬运，并且有明显的边界，所以有人把重力流称为整体流。

米德尔顿和汉普顿(Middlton and Hampton, 1973)对水底重力流进行了系统研究，根据颗粒的支撑机理和堆积的沉积物类型，可分成四类：泥石流、颗粒流、液化流、浊流。

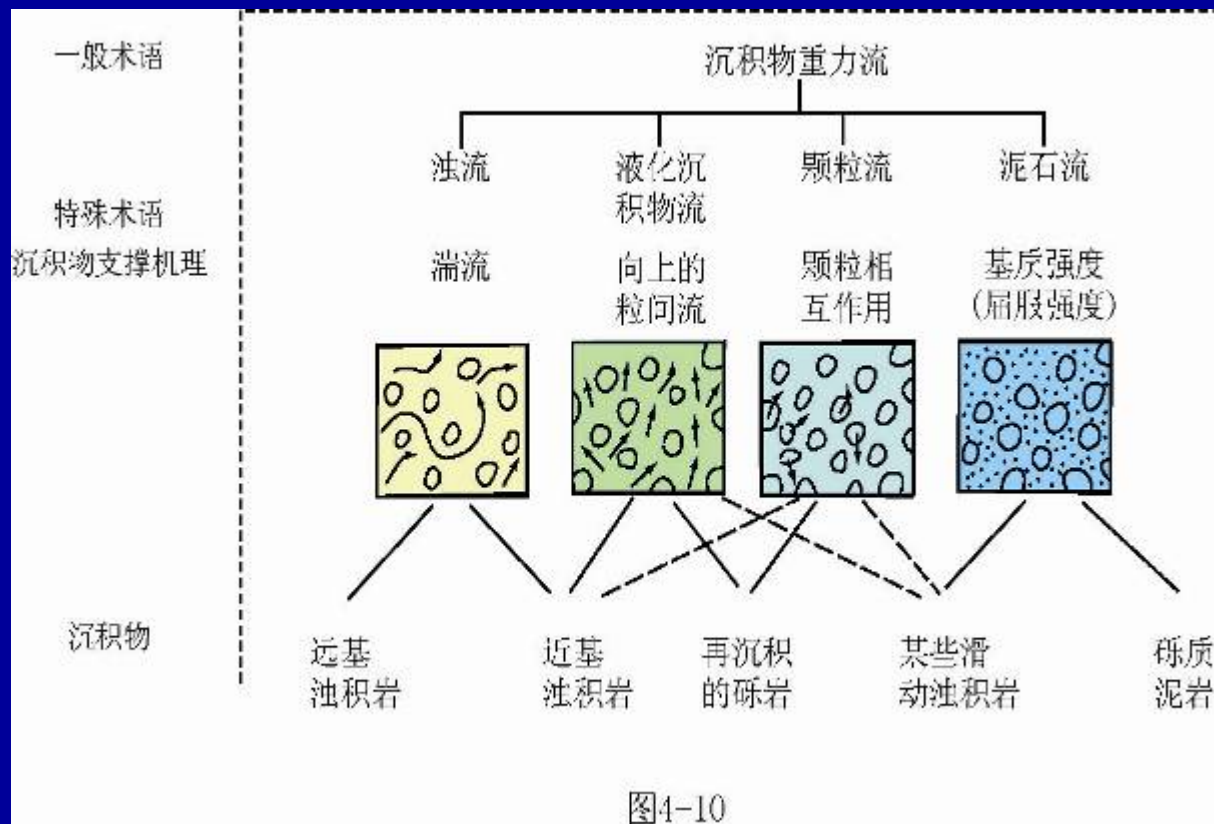
B-2(pdfmod,中等碎屑流过程).mov
—“见动画”



B-3(dflows,陆上的碎屑流过程).mov
—“见动画”



B-6(undf,重力流扇体的形成).mov
—“见动画”



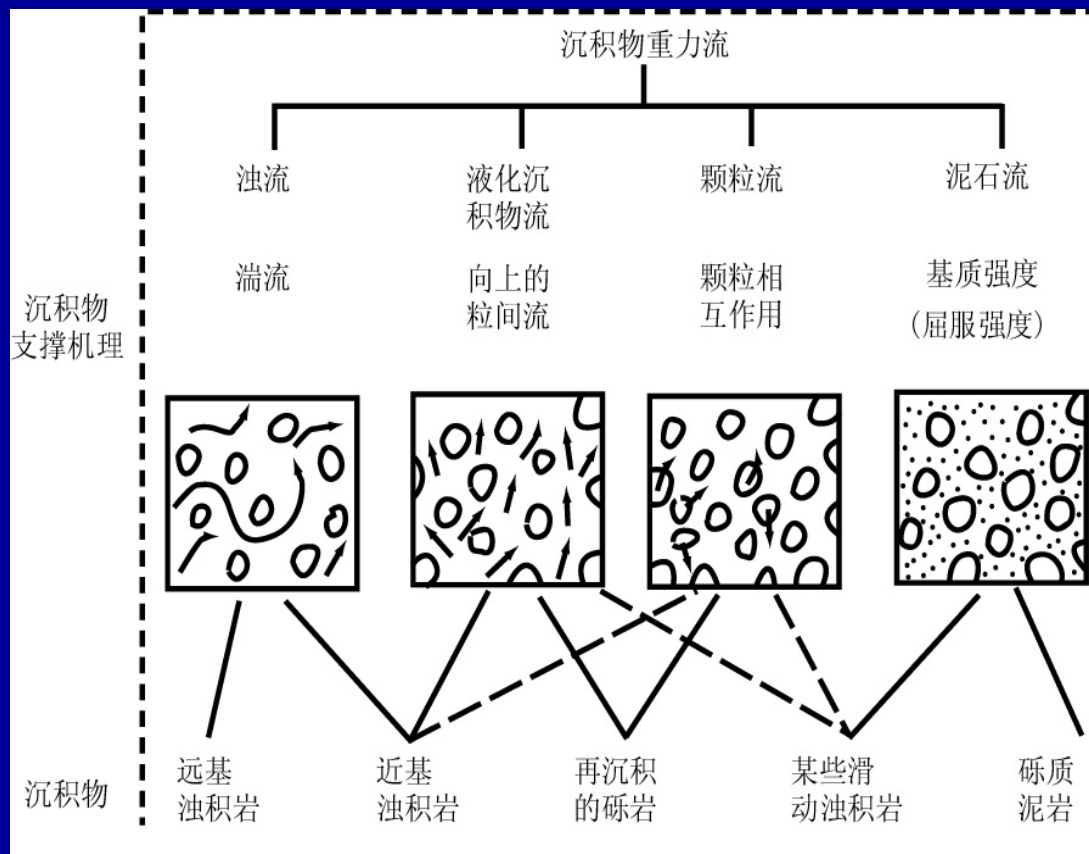
定义: 是一种含有大量粗碎屑和粘土 (砾、砂、泥和水相混合)、呈涌浪状前进的粘稠流体 (高密度流体)。含水量**40-60%**, 密度为**2-2.4**, 粘度可高达**100Pa·s**(纯净水仅**0.001Pa·s**)。

发育部位和条件: 在陆上山麓环境。坡度大于牵引流 (5° 左右), 流速可高达**1-3m/s**。在峡谷的源头处, 海底扇的顶部有水下泥石流, 但易被周围的水稀释, 凝聚力减少, 颗粒变细, 逐渐失去泥石流性质。

形成机理: 由“基质凝聚力”支撑, 即砂砾在块体内被填隙的粘土和水的基质起着支撑和搬运动力

(泥和水混合组成的杂基支撑着砂、砾使之呈悬浮状态被搬运)。

沉积特征: 基质支撑结构的砾石质泥岩或含砾粗砂质泥岩。



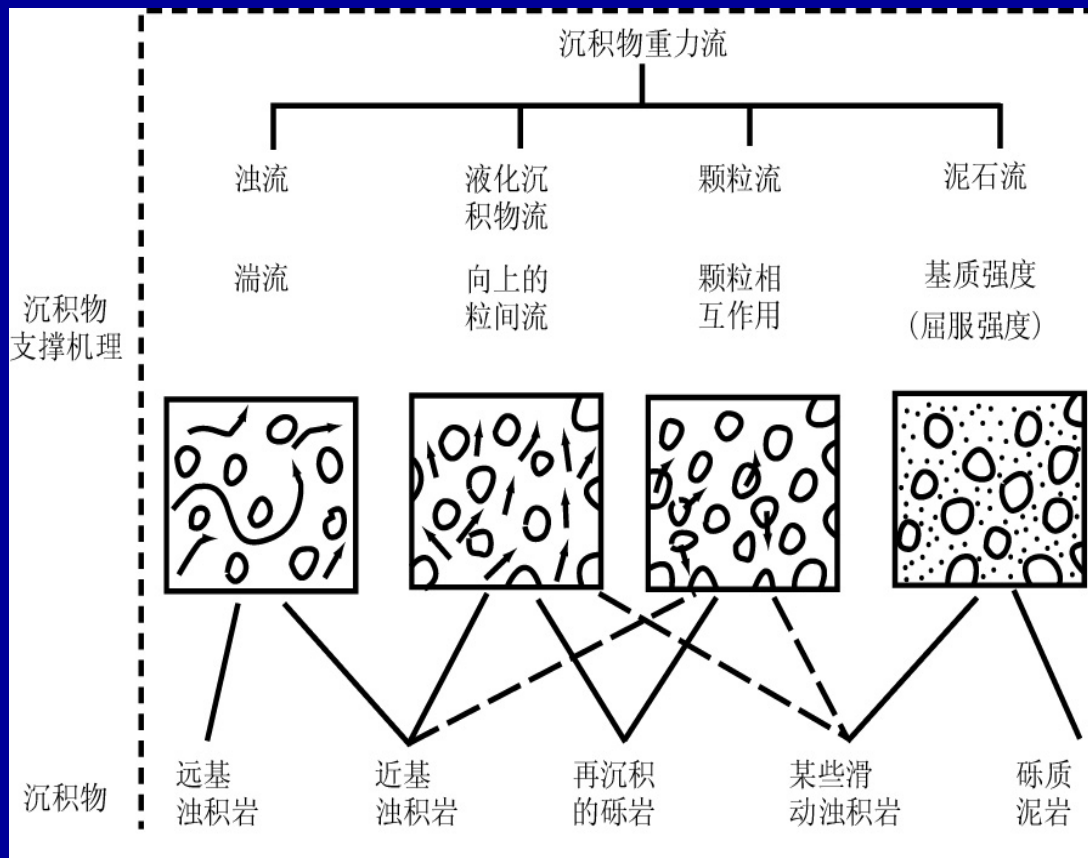
定义：颗粒之间没有粘结力或凝聚力的流体（无凝聚力颗粒（砂、砾）所组成的重力流）。

发育部位和条件：未固结的颗粒沉积物(物质基础)，斜坡(部位)，地震和风暴（诱发因素）。颗粒的扩散应力使沉积物“液化”，未固结的主要是砂（高能产物），在斜坡、地震、风暴的参与下，形成颗粒流。

形成机理：颗粒相互碰撞，传递剪切力，产生扩散应力而支撑和搬运沉积物

（颗粒的相互碰撞所产生的向上支撑应力，阻止了颗粒从流动中沉积下来）。

沉积特征：粗大颗粒（砾石）分散地“漂浮”在砂粒中，常形成砾状砂岩或砾岩。

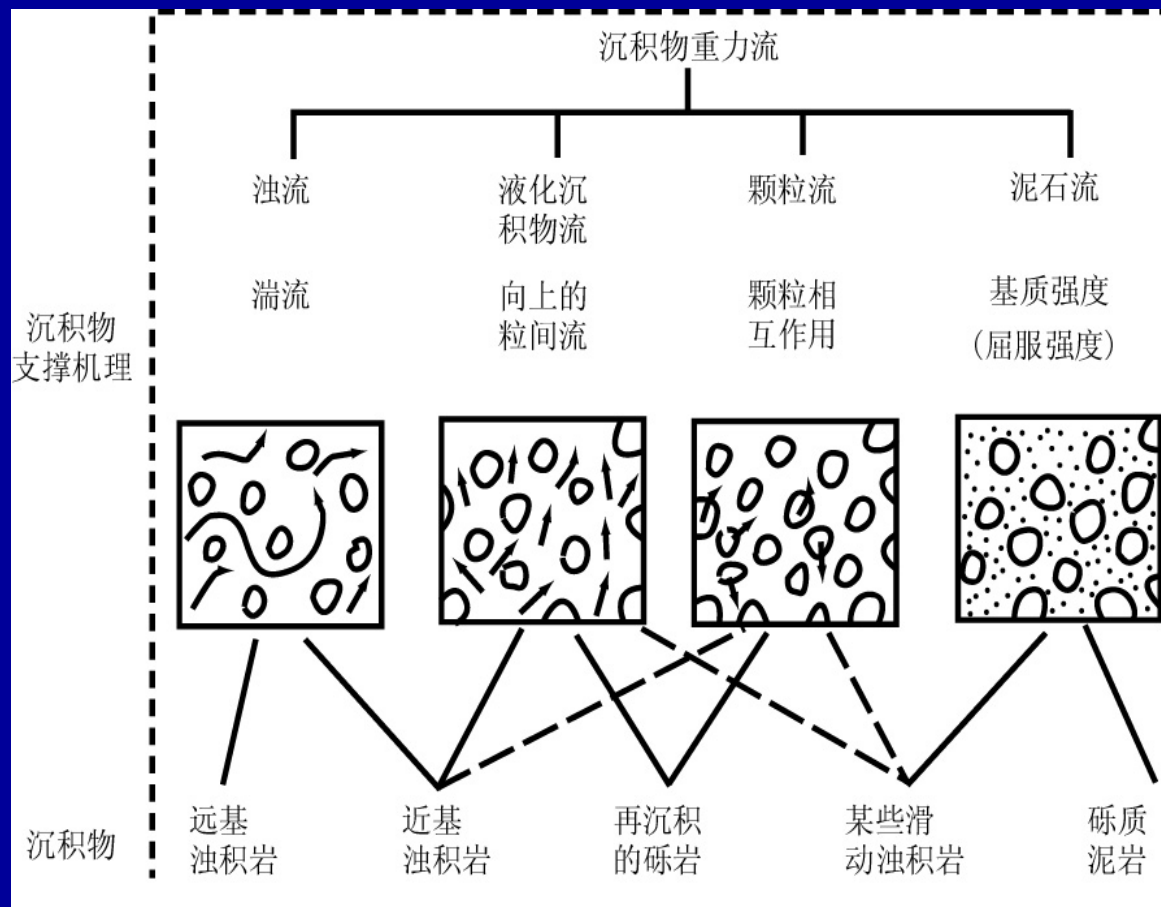


定义：由颗粒之间空隙中液体（孔隙水）的向上流动而支撑颗粒，并在重力作用下呈块体运动的重力流。

发育部位和条件：未固结的颗粒沉积物(物质基础)，斜坡(部位)，地震或风暴（诱发因素）。

形成机理：正常沉积的未固结的颗粒沉积物中，空隙压力（沉积物的重力）与空隙流体（孔隙水）静压力相等（保持稳态），当快速堆积时（或沉积物受到振动时），可造成沉积物孔隙压力大于静水压力，使流体向上流动，并使颗粒呈悬浮状（液化），从而形成了液化流。

沉积特征：近基浊积岩、再沉积的砾岩、块状砂岩。如碟状构造、砂火山等。

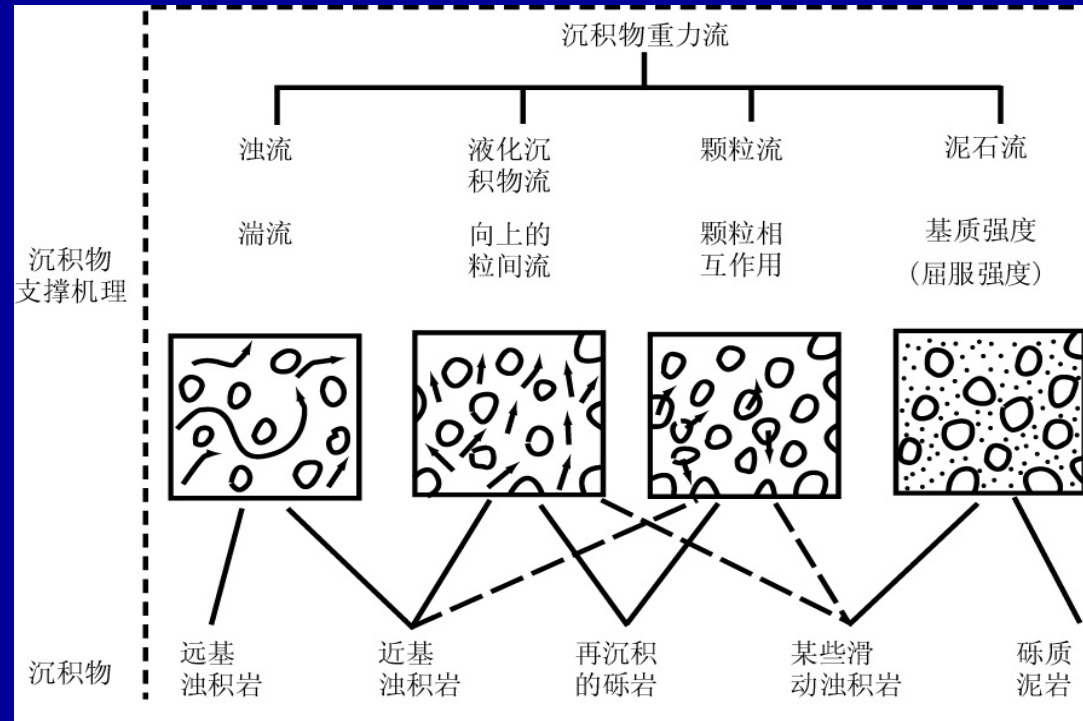


定义：是一种混合着大量自悬浮沉积物质的高速紊流状态的混浊高密度流，也是由重力推动呈涌浪状前进的重力流。

发育部位和条件：未固结的颗粒沉积物(物质基础)，斜坡(部位)，地震或风暴（诱发因素）。在大陆斜坡和三角洲前缘，由于诱发因素引起沉积物滑移，由重力驱使向下流动。沉积物呈自悬浮状态，形成大规模突发的高速型浊流(即碎屑自身重力→引起高速流动→产生紊流（有强上举力，使沉积物悬浮）。

形成机理：由流体内湍流的向上分力(上举力)支撑并搬运沉积物，浊流的沉积记录是浊积岩。

沉积特征：浊积岩，鲍马序列。



♥ 1929年加拿大纽芬兰的海底电缆，在地震后24内，由北至南相继折断。

♥ 塞利等(1952)计算出该浊流的速度为：20-90km / 小时。

♥ 1887年，瑞士的福里尔对罗纳河和日内瓦湖进行研究。罗纳河上游是冰川，冰山融水汇集到罗纳河中，并混有大量泥砂。河水流入日内瓦湖，既比湖水冷，又比湖水混浊，因而比重较大，是密度流。这种密度流沿湖底侵蚀，并形成水下河道。在离岸10km，水深300m处，形成比湖底深达60m的谷道，还形成比湖底高出5m的水下天然堤。

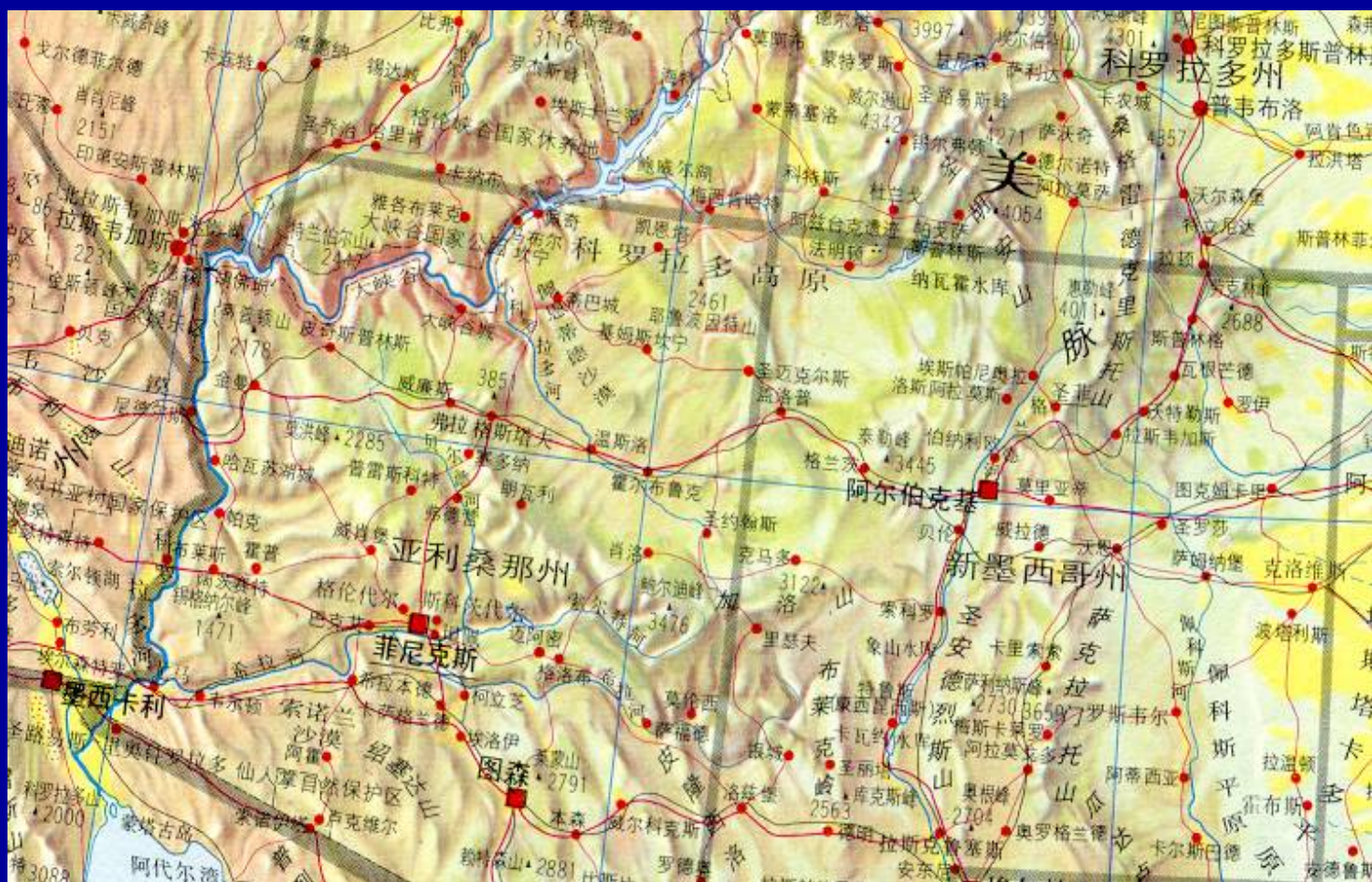
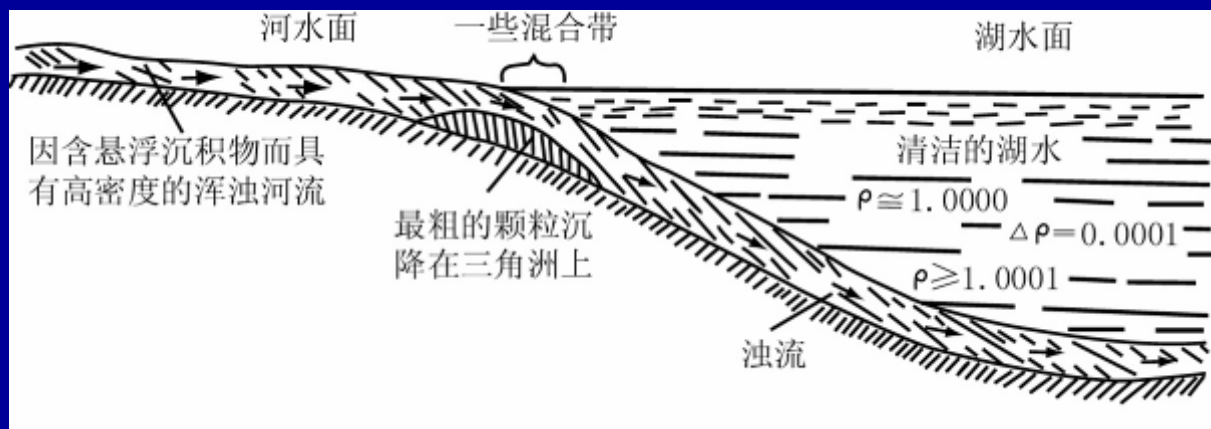


浊流的类型

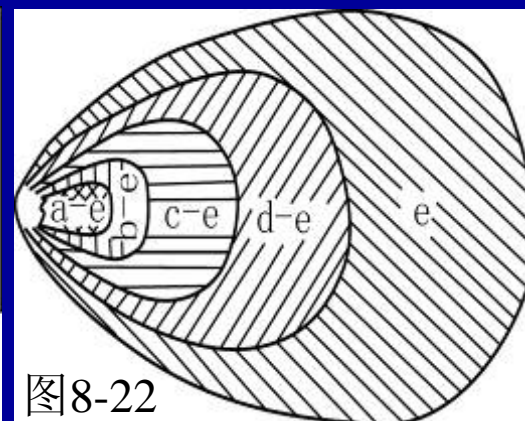
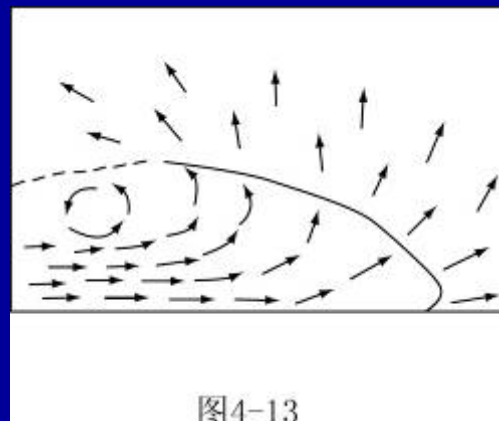
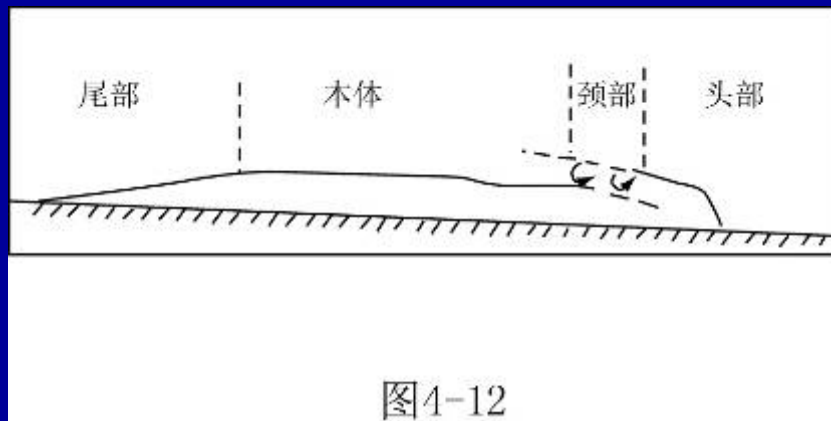
30/50

两种类型：连续低速型和突发高速型。

(1) 连续低速型(或称洪积型)：例如罗纳河流入日内瓦湖的流体。科罗拉多河流入米德湖形成的浊流(图4-11)。



(1) 突发高速型：是再沉积的形成的。如海底峡谷头部，由于地震等诱发，未固结的沉积物滑塌流动。这种浊流分为4部分：**头部、颈部、本体部和尾部**(图4-12)。在头部，水流发散和上扫，形成大的旋涡(图4-13)。所以头部有较强的侵蚀力，可在深部软泥底面上形成特征的冲刷痕和刻划痕，后又由本体部沉积保存下来。根据这种特点，鲍马提出了浊流沉积物的圆锥形分布图(图8-22)（与纵向序列是一致的）。



鲍马(1962)提出了著名的鲍马层序，表明完整的浊流沉积物序列。

浊流的形成可分为4个阶段：
三角洲阶段、滑动阶段、流动阶段、浊流阶段。

柱状图	代表性的原生沉积构造	一般岩性	解 释
E	均匀层理	泥岩	悬浮沉积
D	水平层理	粉砂岩, 粉砂质泥岩	低流态平底
C	小型交错层理 或变形层理 爬升层理	细砂岩, 粉砂岩	低流态
B	平行层理	砂岩 砂岩, 含砾	高流态平底
A	块状层理 递变层理	砂岩, 含砾 砂岩, 砂砾岩	高流态, 快速沉积

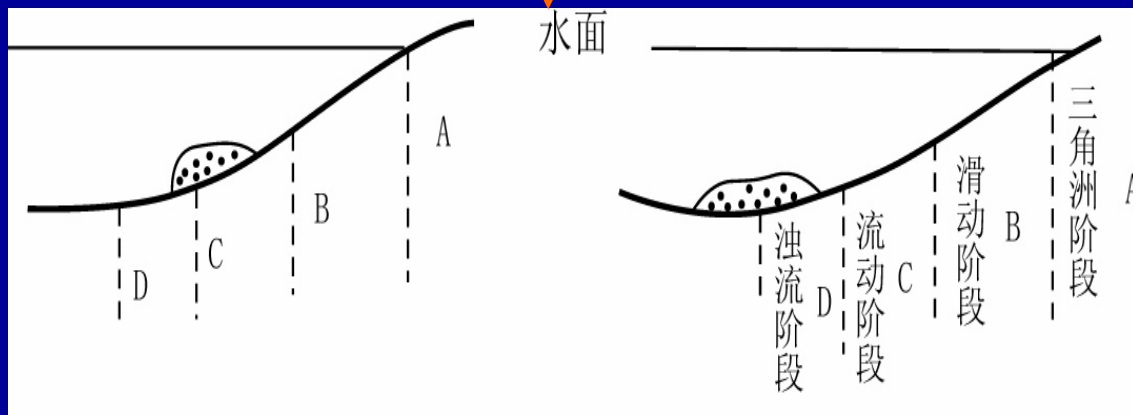
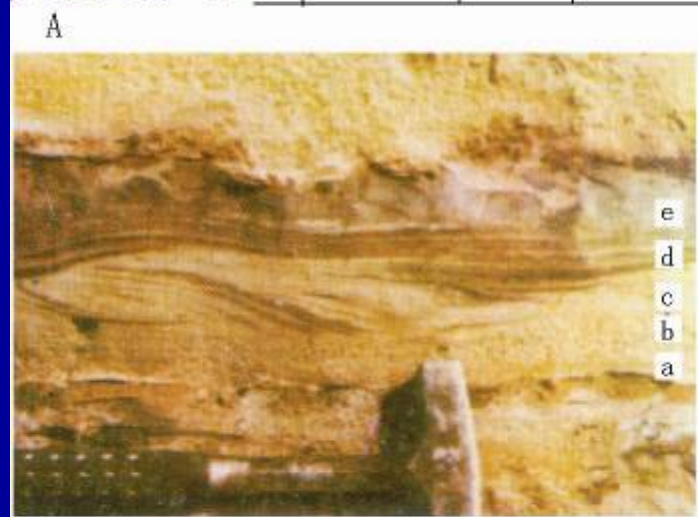


图8-21

第一节 概述

第二节 风化、搬运和沉积的主要地质营力

第三节 搬运和沉积中流体的基本类型

第四节 沉积物床沙形体

第五节 沉积物的搬运方式和沉积方式

一、机械搬运和沉积作用

1. 牵引流的机械搬运和沉积作用

2. 重力流的机械搬运和沉积作用

二、溶解物质的搬运和化学沉积作用

1. 胶体溶液的搬运和沉积作用

2. 真溶液的搬运和沉积作用

三、生物的搬运和沉积作用

1. 生物遗体直接沉积作用

2. 生物化学沉积作用

3. 生物物理沉积作用

第四章 - 1

结束

第四章-2 沉积物的搬运和沉积作用

34/50

第一节 概述

第二节 风化、搬运和沉积的主要地质营力

第三节 搬运和沉积中流体的基本类型

第四节 沉积物的机械搬运方式和床沙形体

第五节 沉积物的搬运方式和沉积方式

第五节 沉积物的搬运方式和沉积方式

一、机械搬运和沉积作用

1. 牵引流的机械搬运和沉积作用
2. 重力流的机械搬运和沉积作用

二、溶解物质的搬运和化学沉积作用

1. 胶体溶液的搬运和沉积作用
2. 真溶液的搬运和沉积作用

三、生物的搬运和沉积作用

1. 生物遗体直接沉积作用
2. 生物化学沉积作用
3. 生物物理沉积作用

二、溶解物质的搬运和化学沉积作用

1. 胶体溶液的搬运和沉积作用
2. 真溶液的搬运和沉积作用

二、溶解物质的搬运和化学沉积作用

35/50

溶解物质可以呈胶体溶液或真溶液被搬运，这与物质的溶解度有关，Al、Fe、Mn、Si的氧化物难溶于水，常呈胶体溶液搬运；而Ca、Na、Mg的盐类则常呈真溶液搬运。化学沉淀形成各种自生氧化物和盐类矿物。

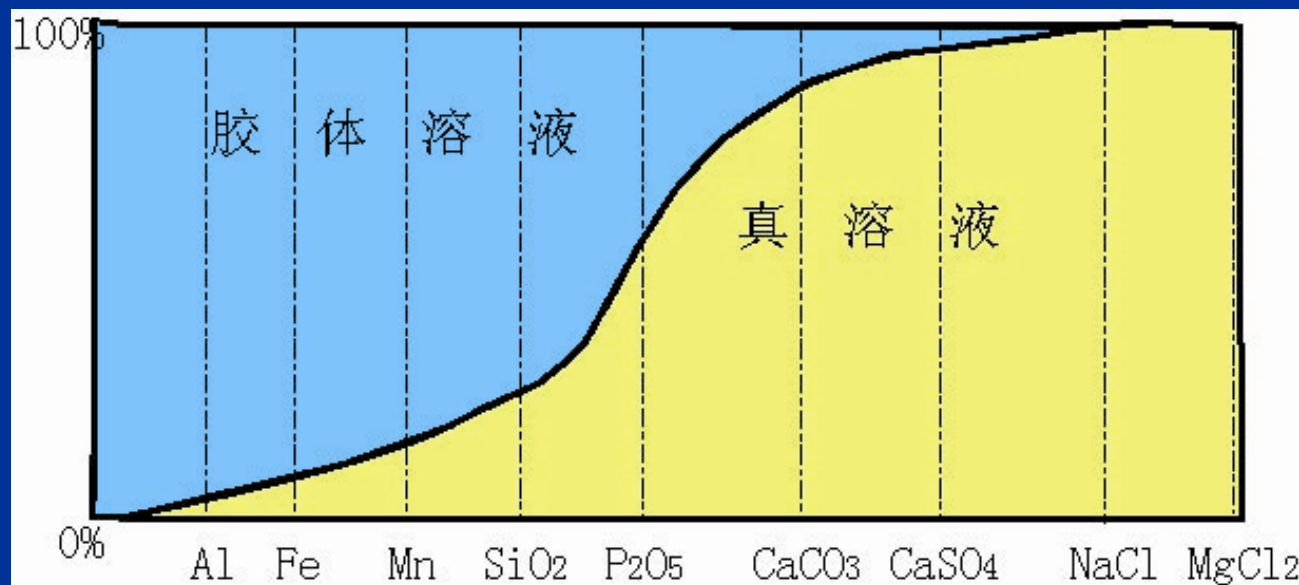


图4-17

1. 胶体溶液的搬运和沉积作用

低溶解度的金属氧化物 (Al_2O_3 、 MnO_2 、 P_2O_5)、氢氧化物 (FeOH) 和硫化物 (ZnS 、 FeS) 常呈胶体溶液被搬运。

胶体是介于粗分散系(悬浮液, 固相质点 $0.005\text{--}0.001\text{mm}$, 静置后, 能自身慢慢沉淀, 如细泥浆)和离子分散系(真溶液)之间的一种溶液, 胶体粒子的直径介于 $1\sim 100\ \mu\text{m}$ ($0.001\text{--}0.00001\text{mm}$), 在显微镜下不能识别。

胶体溶液与悬浮液或真溶液比较有如下一些特点: 胶体粒子因细小而受重力影响极微弱; 扩散能力也很弱; 表面带有电荷, 可分为正胶体和负胶体两类。

在沉积岩中常见的胶体化合物有 Al_2O_3 、 P_2O_5 、 MnO_2 、 SiO_2 、粘土矿物、磷酸盐矿物。

低溶解度的金属氧化物 (Al_2O_3 、 MnO_2 、 P_2O_5)、金属氢氧化物 (FeOH) 和金属硫化物 (ZnS 、 FeS) 常呈胶体溶液被搬运。

胶体是介于粗分散系(悬浮液, 固相质点0.005-0.001mm, 静置后, 能自身慢慢沉淀, 如细泥浆)和离子分散系(真溶液)之间的一种溶液, 胶体粒子的直径介于 $1 \sim 100 \mu\text{m}$ (0.001-0.00001mm), 在显微镜下不能识别。

胶质粒子可克服重力不沉淀的原因有二:

- a. 布朗运动
- b. 胶粒子带有同种点荷, 产生静电斥力, 使胶质粒子能持久分散于胶体溶液中。

胶体的凝聚方法：加入少量电解质或加电场、电压。

胶体粒子所带电荷与电性相反的离子电荷中和，胶体粒子就凝結成較大之颗粒（从水中沉淀析出，称为凝聚。如：豆漿加入 CaSO_4 ，蛋白质凝聚成豆腐花析出；牛奶加入醋酸，可使酪素凝聚而沉淀。

胶体普遍具有吸附现象，对某些有用元素的富集很有意义：

粘土质负胶体可吸附K钾、Rb铷、Cs铯、Pt铂、Au金、Ag银、Hg汞、V钒等；

二氧化硅负胶体能吸附放射性元素；

铁的胶体能吸附As砷，V，P等；

锰的胶体可吸附Ni镍，Ca钙，Co钴，Zn锌，Hg汞，Ba钡，K钾，W钨，Ag银等；

氧化锰负胶体可吸附Co钴、Ni镍、Cu铜、Zn锌、Hg汞、Li锂、Ti钛等；

氢氧化铁正胶体可吸附 PO_4^{3-} 、 AsO_4^{3-} 、 VO_4^{3-} 、 SO_4^{2-} 等；

腐殖质胶体的吸附现象则更广泛。

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，在搬运过程中，当胶体溶液因两种带不同电荷的胶体相遇，或电解质作用，或浓度增大以及pH值的影响失去稳定时，胶体就发生凝聚，胶体即在溶液中集结成为絮状、团块状。这时的胶体就可以克服原来胶体质点的布朗作用，在重力作用下，于合适的沉积环境里逐渐沉积下来。

胶体凝聚生成的沉积物具有如下特点：

- ①未脱水硬化的凝胶沉积物呈胶状，固结成岩后常具贝壳状断口；
- ②颗粒细小，“孔隙度”较大，故有有较强的吸收性和粘舌现象；
- ③一般有微晶、放射状、鲕状、球粒状、扇状集合晶等结构；
- ④胶体沉积岩常呈透镜状、结核状；
- ⑤胶体有较强的离子交换和吸附能力，常吸附有不定量的水份、有机质、以及各种金属元素，其化学成分常不固定。

- 一、机械搬运和沉积作用
- 二、溶解物质的搬运和化学沉积作用
 - 1. 胶体溶液的搬运和沉积作用
 - 2. 真溶液的搬运和沉积作用

2. 真溶液的搬运和沉积作用

母岩化学风化和其它来源的化学物质中，Cl, S, Ca, Na, Mg, K等成分呈离子状态溶解于水中，即呈真溶液状态搬运。有时Fe, Mn, Si, Al也可以呈离子状态在水中被搬运。

这些可溶物质能否溶解、搬运、沉淀，与本身溶解度和溶度积有关，而影响溶解度的因素除pH、Eh值和含盐度外，还有温度、压力、CO₂的含量、离子的吸附作用等。

化学沉积分异作用的概念

由真溶液化学组分的类型和外界化学条件的变化使真溶液发生有规律性的沉积现象称为化学沉积分异作用。即形成的自生矿物或化学沉积物的分布，有一定的趋势或规律。普斯托瓦洛夫所提出的化学沉积分异作用模式，可以表明这种内在联系。

自盆地边缘向海盆方向的沉积顺序是：铝土矿→鲕状赤铁矿→鲕状氧化锰矿→二氧化硅→磷酸钙→海绿石→鲕绿泥石→菱铁矿→方解石→白云石，最后在盐盆地中出现石膏、硬石膏以及氯化钠、钾盐、镁盐。

简化顺序是：氧化物→硅酸盐→碳酸盐→硫酸盐→卤化物。影响化学沉淀的因素很多，所以该分异顺序是一般的模式，自然界的实际顺序比它复杂得多。

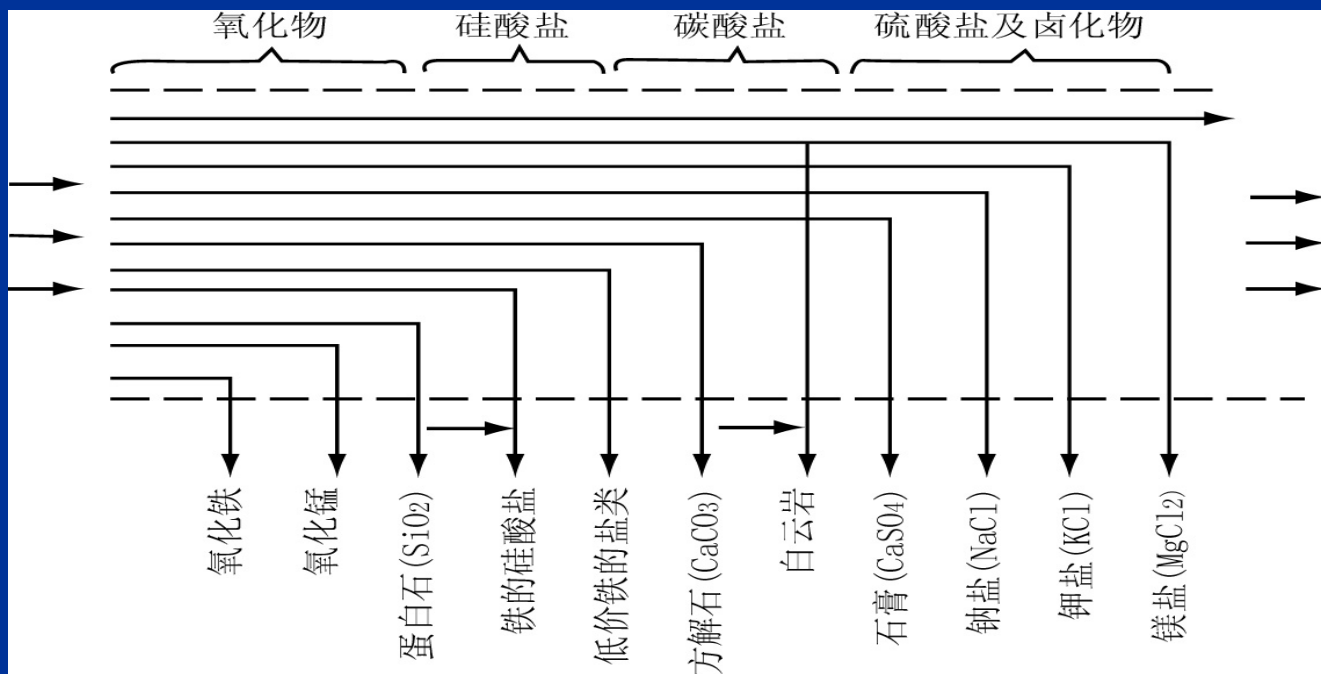


图 4-17

- 一、机械搬运和沉积作用
- 二、溶解物质的搬运和化学沉积作用
- 三、生物的搬运和沉积作用
 - 1. 生物遗体直接沉积作用
 - 2. 生物化学沉积作用
 - 3. 生物物理沉积作用

三、生物的搬运和沉积作用

生物作为一种搬运营力的意义很小，但生物的沉积作用却是很重要的。生物不仅可使溶解物质大量沉淀，还可使部分粘土物质和内源碎屑发生沉积。在各类生物中尤以藻类和细菌的作用尤为巨大。

生物沉积作用包括**直接方式**和**间接方式**：

(1)直接方式：生物遗体（生命活动、光合作用、生理作用、吸取养料形成软体-有机体；吸取介质中钙、磷、硅等无机盐，并分泌形成硬体-骨骼）直接堆积形成岩石或矿床。

(2)间接方式

生物化学作用：生物的生命活动过程中或生物遗体分解过程中引起介质的物理化学环境的变化，从而促使某些溶解物质沉淀，或由于有机质的吸附作用而使得某些元素沉淀。

生物物理作用：生物生命活动过程中通过捕获、粘结、障积等使沉积物发生沉积。

生物生理作用、生物化学作用、生物物理作用有时很难严格区分。总的来说，间接作用包含生物化学和生物物理作用；直接方式包含生物化学和生物生理作用。

现按生物遗体直接沉积作用、生物化学沉积作用、生物物理沉积作用简要叙述：

1. 生物遗体直接沉积作用

生物遗体包括软体和硬体。

有机质经生物化学演化后，可形成油页岩、石油、天然气、煤等。生物内外骨骼富集形成岩石，如生物骨屑灰岩、礁灰岩、生物磷块岩、硅藻土、白垩等。

2. 生物化学沉积作用

生物活动或生物遗体分解过程中能产生大量的 H_2S 、 NH_3 （氨）， CH_4 （甲烷）， O_2 、 H_2 等气体或吸收大量 CO_2 气体，这就影响沉积介质的氧化还原条件，从而促使某些物质溶解或沉淀。

生物化学沉积作用实例

CO_2 含量增加促使 CaCO_3 沉淀；

植物的光合作用，每生成1g糖类就有3.3g的 CaCO_3 沉淀；

还原硫酸盐细菌能将硫酸盐还原成 H_2S ；金属离子能与 H_2S 反应生成硫化物沉淀；

铁细菌能将二价铁氧化为三价铁，有利于铁的沉淀；

有机质分解使介质变成还原环境，可促使某些物质沉淀或溶解，如含铜化合物在还原条件下即易于沉淀。

有机质的吸附作用使得溶液中低浓度元素得以沉淀，煤和黑色页岩中往往富集有各种金属元素。

3. 生物物理沉积作用

藻类的捕获和粘结作用、生物障积作用

(1)藻类的捕获和粘结作用：蓝绿藻分泌粘液形成的席状粘液层，粘液层能捕获和粘结水介质中的碳酸盐颗粒。当一层藻席被新的沉积物覆盖时，藻丝体就会穿过上覆沉积物并繁殖于其表面，重新形成新的藻席，如此周而复始，形成富藻纹层与和非生物成因的富屑纹层交替出现的叠层石。其中富藻纹层处为暗色带，表明为原有机质相对富集处。这类藻被称为隐藻。

(2)生物障积作用：当流水流经丛生有枝状珊瑚、枝状藻类、生物丘的地带时，流速受阻，流水中所携带的沉积物即沉积成障积岩。

第四章小结

主要概念：牵引流、重力流、载荷、浊流、滚动搬运、跳跃搬运、悬浮搬运、生物沉积作用、机械沉积分异作用、化学沉积分异作用。

思考题：

1. 沉积物的搬运方式和沉积方式有哪些？
2. 随着福劳德数的增大，沉积底形（床沙）的形态变化顺序是什么？
3. 碎屑颗粒在牵引流介质中的搬运方式有那些？
4. 牵引流与重力流的沉积特征及其区别。

第一节 概述

第二节 风化、搬运和沉积的主要地质营力

第三节 搬运和沉积中流体的基本类型

第四节 沉积物床沙形体

第五节 沉积物的搬运方式和沉积方式

一、机械搬运和沉积作用

1. 牵引流的机械搬运和沉积作用

2. 重力流的机械搬运和沉积作用

二、溶解物质的搬运和化学沉积作用

1. 胶体溶液的搬运和沉积作用

2. 真溶液的搬运和沉积作用

三、生物的搬运和沉积作用

1. 生物遗体直接沉积作用

2. 生物化学沉积作用

3. 生物物理沉积作用

第四章 - 1 结束