

浊流沉积机理及其特征

文琼英 张川波

(长春地质学院)

浊流理论的发展极为迅速，但对浊流的理解和认识却有一定的分歧。为了揭示尚未认识的浊流相以及勘探与浊流相有关的矿产资源，全面地了解浊流形成的机理，加深对浊流沉积的认识，正确应用相模型判别浊积相，澄清有关浊流沉积的某些模糊概念，都是十分必要的。

一、浊流理论的研究及其发展

地质学家认识浊流沉积远较认识其他水携沉积为晚。十九世纪中叶，普雷沃特根据库恩理论建立了“粗碎屑沉积形成于近岸带；极细的泥岩、页岩沉积于深水环境”的模式。然而十九世纪七十年代，由“挑战者”号进行的海洋调查，发现大洋底部有的地方沉积并非是极细的颗粒，而是过去认为仅限于近岸带的砂和砾石，因此动摇了传统的观念。

研究大洋沉积物的上述现象，引起地质学家极大的兴趣。他们从不同角度解释大洋底部粗碎屑的成因，同时提出“浊流”(当时称重力流)的术语。

戴利(Daly)引用1890年的观察资料，探讨海底巨大侵蚀作用的原因时，第一次强调“浊流是一个侵蚀作用极强的水下流”。1938年，格诺尔(Groer)研究北美水库时，提出水下滑坡导致浊流的论据。1946年，米利格林(Miliogrin)把欧洲阿尔卑斯的复理石相沉积层，称为“Macigno”，并认为可能是深海的浊流沉积。1950年荷兰学者奎宁指出“浊流是一种高密度流，比重介于1.2—2.0之间，它不仅能携带粘土、粉砂，也能携带砂粒和砾石。这种意见越来越为更多的学者所承认，从此浊流理论获得迅猛的发展。

二、浊流沉积机理及其特征

沉积物停积于海盆底部斜坡上，可因灾变性事件(火山爆发、地震、风暴浪等)向下流动。但在正常情况下则受重力作用，当剪切应力超过沉积物剪切强度时，沉积物即沿斜坡下滑(图1A)。

剪切强度为沉积物颗粒间的粘滞性和摩擦力的总和。当沉积物达到一定重量时，产生沿斜坡的剪应力矢量。图1B中AB、BC分别表示对应的正应力和剪应

力，AE表示沉积物的强度(崩溃)包络数，当垂直应力大于包络数AE所对应的AD时，剪应力则大于DE，沉积物就沿斜坡面崩滑，这时表明剪应力超过沉积物的剪切强度。剪应力的升高是由于波浪或流水的底切作用，斜坡变陡或因沉积物墩继续加厚和剪切强度不断降低所致。促使剪切强度降低的原因有二：第一，孔隙液压升高，促使沉积物加速液化，破坏原生沉积所具有的亚稳组构，使相邻的多孔隙非渗透层压缩，而超孔隙液体压力使沉积物层剪切强度迅速降低为零。第二，泥岩中常发生凝胶运移作用而促使拉张，颗粒间产生的机械碰撞和冲击也产生类似的拉张效应，结果使剪切强度降低。

块状重力搬运是沉积物再沉积于深水中的一个大作用。它有可能周期性的发生，促使浅水区沉积物沉积于深水区。

水下块状重力搬运的形式依赖于沉积物体内部的离散状态(图2)，重力搬运有三种形式。

1. 岩石崩落运动：固结的岩石呈块状自由降落，常与碎屑流相伴生。

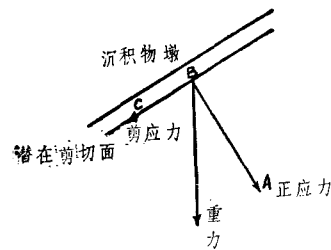


图1A 斜坡沉积物墩重量矢量图 (据 Moore)

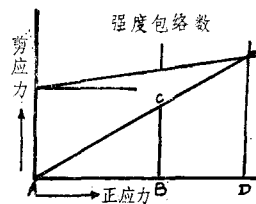


图1B 沉积物剪切强度图

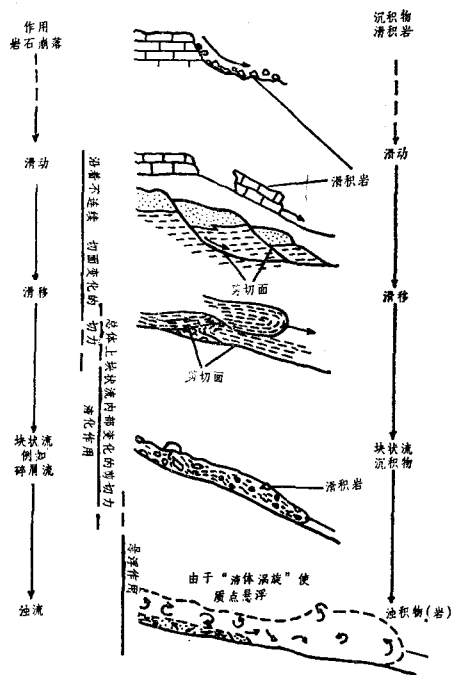


图2 块状重力搬运作用

(据Kruit Brouwer, Knox, Schollnberger and Van Vliet, 1975.)

2. 滑动和滑移 (Slide and Slumping)¹⁾: 半固结沉积物块体沿着剪切底面运动, 暂时维持内部的粘滞性及亚稳组构。

3. 沉积物重力流 (又称块状流, 沉积物流): 沉积物和水混合流动, 层理和内部粘滞性被破坏, 颗粒在液体介质中运动, 从而促成沉积物流动。流动过程中, 根据颗粒支撑机理划分为四种沉积物流 (图3), 即碎屑流、液化沉积物流、颗粒流 (颗粒间相互碰撞) 和浊流。

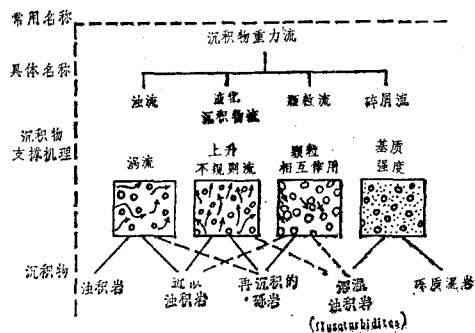


图3 沉积物重力流的分类

(据Middleton and Hampfon, 1976.)

(1) 碎屑流: 为水所饱和的基质 (泥), 携带分散状碎屑的高浓度沉积物流, 粘滞性很高, 基质比

重可达2.5, 碎屑被基质支撑, 当其沿斜坡流动时速度较快, 切剪应力小于碎屑块体的剪切强度时, 则其流动“凝止”。由于上述机理, 故碎屑流沉积呈现层状, 多为含有碎屑 (粗砂至砾石) 和泥质块体的泥岩, 厚度可达数米, 无内部构造, 分选差, 碎屑有时可沿流动方向排列 (图4)。

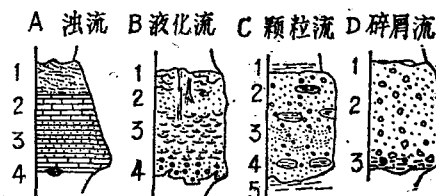


图4 沉积物流的结构及构造

A. 浊流:

- (1) 波纹状或平顶波纹略呈x状小纹层;
- (2) 纹层状;
- (3) 良好的递变层理;
- (4) 底部具沟槽和工具痕。

B. 液化流:

- (1) 砂锥状或平顶卷曲状纹层;
- (2) 液体渗滤管;
- (3) 盘状构造;
- (4) 在底部具大型沟槽和负载痕构造。

C. 颗粒流:

- (1) 平顶原粒序层;
- (2) 块状;
- (3) 中部具盘状构造;
- (4) 近底部为反向粒序层;
- (5) 冲刷、充填构造。

D. 碎屑流:

- (1) 不规则的顶面 (大颗粒突出于层面);
- (2) 块状;
- (3) 剪切的底带有显著的冲刷痕, 底部有擦痕。

(据Middleton and Hampfon, 1976.; 颗粒流据 Stanffer, 1967.)

(2) 液化流: 由液化的砂和粉砂颗粒支撑和部分受孔隙液体支撑而使颗粒悬浮。维持颗粒悬浮的超孔隙压力可以迅速消失, 促使沉积物从底至顶凝结沉淀, 故贫于递变层理, 发育扩散纹层, 有基底负载铸模、液体渗滤构造和盘状、柱状构造 (图4), 以及砂锥和卷曲纹层等。

(3) 颗粒流: 当颗粒相互作用而彼此弹跳时, 由于能量变化而产生分散压力, 该力作用于沉积物使

1) 滑动强调沉积物块体的移动, 而滑移则着重于沉积物内部的形变, 或运动时的倒转等。

沉积物支撑，从而使非粘性的沉积物块体流动。流动需要一定坡度（一般为 18° ），故多发生于深海、峡谷。颗粒流沉积的典型特征（图4）是顶、底部为突变接触，底部为逆粒序，缺少牵引构造，逆粒序是因“动力筛效应”所致，即在流动时大颗粒间的小颗粒向下降落，促使大颗粒上升。此外，伯努里原理也可形成逆粒序特征。

（4）浊流：浊流乃为沉积学者所特别关注而又迅速得到发展的重力流动形式之一。浊流是一种密度流，它可因密度差或重力作用而使半固结、未固结的沉积物产生流动；也可以是水力学跃迁，导致沉积物具有强能量流动而形成浊流。浊流可分为高密度流和低密度流两种。高密度浊流又称强能量密度流，可携带泥砂和砾石，常阵发性产生。据观察和实验证明，由于水力学跃迁可使涡悬加强和悬浮物量升高。这种跃迁发生于水底坡度突然降低的头部（如海底峡谷），流动能量极大，促使沉积物厚度增加，涡旋加强。浊流沿斜坡运行中有侵蚀和沉积，保持恒定的流动，一泻千里。低密度浊流是指携带细粒沉积物的持续性缓慢运行的密度流；可由陆架上的风暴浪搅动而产生，亦可由泥状河水注入海盆所致；经常是被稀释的高密度流的尾部。低密度浊流沉积泥质层或粘土层。Balearic深海平原约有一半以上的泥质沉积为浊流所携带。该种浊流沉积的特征为：下部有细微纹层，具递变性，不含砂级颗粒。而远洋泥质层则是无构造，有生物搅动和含有孔虫，翼足类残骸，砂级颗粒的含

量可达15%，分选不佳，粒径分布呈对数正态分布。故两者可以鉴别。

浊流沉积源于海洋调查，但大型湖盆亦有之。

三、几点意见

1. 鲍马将浊流形成分为三角洲阶→滑动阶→流动阶→浊流阶。据近年国内外报道的研究成果，浊流可有上述形成阶段和过程，同时也可由碎屑流、颗粒流、液化沉积物流发展而成，在空间和时间上有着一定的联系，但绝非所有浊流形成必经上述各阶段。如加里福尼亚Baja San-Lucas湾的高密度浊流就无滑动阶段而直接为密度流。我国白垩纪松辽盆地以及第三纪黄骅凹陷的沉积序列亦非遵循上述规律，因此，“鲍马模式”仅为一种理想模式，不具普遍性。

2. 目前国内不少人引用“浊流相模式”——鲍马序列来判别沉积相，凡符合上述序列的即认为是浊流沉积，反之不是。这种缺乏具体问题具体分析的认识方法是极端有害的。不能简单地套用鲍马序列，更不能未见完整的鲍马层序时就轻易地将某些浊流沉积误认为河道沉积，甚至将斜坡重力滑动（滑移）沉积确定为洪积相。

松辽盆地的沉积相有人倾向于浊流沉积，但又缺乏鲍马序列，不敢定论；有人抱否定态度。笔者认为松辽盆地并非无浊流沉积，同时又具水下浊积扇的特征；虽无完整的鲍马序列，但确有极似于马蒂和沃克所划分的11个浊流亚相，应属浊流沉积。

3. 我国海域辽阔，海底地貌多姿，有发生浊流的源地。据报道东海冲绳海槽可能有浊流沉积。为了“以今论古”，急待查明我国现代海盆的浊流沉积，以促进沉积学的进一步发展。

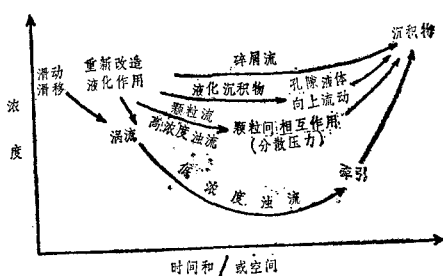


图5 不同块状搬运中各种作用的相互关系
(据Middleton, 1976)

