

湘南下三叠统大冶组等深积岩及其沉积模式

伍建柏

(湖南地矿局区调所)

当前沉积学界发现和认识了一些新类型的沉积流体,如风暴流、等深流,使我们对沉积流体的认识提高到一个新的阶段。但是这些新沉积流体的搬运机理和沉积作用尚无明确的统一认识,主要是因为我们发现的古代实例不多,而且对现代海洋类似流体研究还不够完善。本文作为一个具体实例报道古代等深流沉积岩,并从沉积构造角度探讨其形成机理,初步建立等深积岩理想沉积模式。

一、概述

下三叠统大冶组在湘南地区分布面积小,主要在几个南北向大向斜核部有零星分布,如嘉禾向斜中大冶组占整个向斜面积的 5% 左右。该组主要岩性可分为两段:下段为薄层状含粉砂质泥灰岩,上部及顶部有时夹硅质页岩及薄层状硅质岩,段内发育砂泥水平层理、准复理石层理、层内斜切滑塌构造。上段下部为中层状泥晶粉屑灰岩、含砂屑泥晶灰岩,局部夹泥灰岩,发育收敛交错层理,水平层理;中上部为薄层状泥晶粉屑灰岩、粉屑泥晶灰岩夹泥灰岩。该套岩石颜色深,单层薄:下段为 0.5—5cm,上段 1—30cm,且以 1—10cm 为主;很少见到底栖生物,偶尔可见到浮游型瓣鳃化石。

二、沉积构造序列及形成机理初探

大冶组从下至上其沉积构造序列如(图 1),各类沉积构造的沉积特征及解释如下:

1、砂泥水平层理(图 2)

该层理在垂向上及横向上分布较广,纹层主要由细砂屑、粉屑层与灰泥层相互交替构成;不具粒序性,各纹层之间有粒度突变;纹层界面较平直,纹层厚度 0.5—1mm。风化后以灰黄色(粉屑层)与暗灰色(灰泥层)显示出来。

该层理应是在水动力较弱的地带,且由于上部水体周期活动而产生粗细分选所形成的。

2、准复理石层理(图 3)

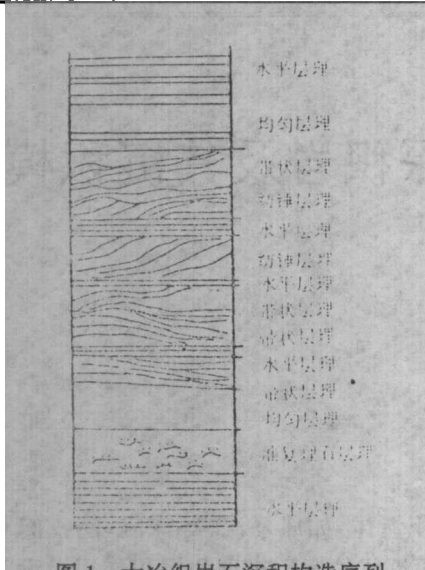


图1 大冶组岩石沉积构造序列

Fig. 1. The sequence of sedimentary structures in the rocks from the Daye Formation.

而且向两端收敛尖灭(或一端逐渐向水平层理过渡),故取名收敛交错层理。根据层系形态及与水平层理的过渡关系可分为三类:

(1) 纺锤层理

产于下段泥灰岩中,它与砂泥水平层理不同之处有以下几点:①层系界面不平直,常呈锯齿状弯曲;②粉砂、细砂层具正、逆粒序性;③层较粗粒的纹层内部可见到微型波状纹理,或斜层理,其纹层厚度 3—15mm。

这种层理可能处于特殊的位置,其沉积机理也很特殊。从构造特点上分析,形成该层理的颗粒是在层流状态的紊流作用下,经水体周期性强弱变化的分选而沉降的。由此便产生了正、逆粒序纹理。强活动期向准稳定期转化产生正粒序纹理;准稳定期沉降泥质物;准稳定期向活动期转化便出现逆粒序纹理及微交错纹理。

3、收敛交错层理

产生上段下部泥晶粉屑灰岩、细砂屑灰岩中,该层理的特点是纹层常出现三段结构,

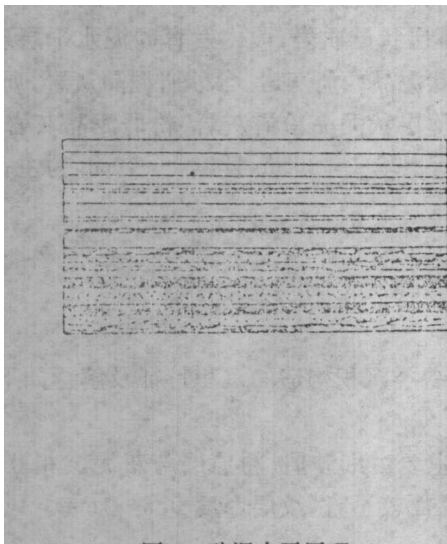


图2 砂泥水平层理

Fig. 2. Sandy and muddy horizontal bedding.

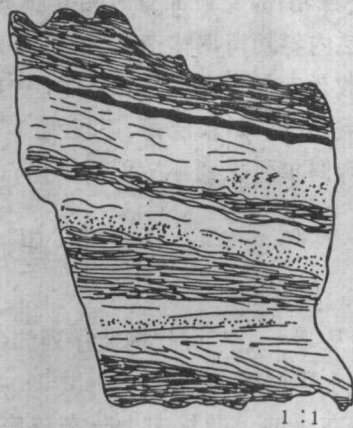


图3 准复理石层理

Fig. 3. Flyschoid bedding.

层系形态为纺锤状,其纹层的三段结构均存在,中部较厚,两端尖灭,中部倾角在 $15-20^\circ$ 左右,两端倾角小于 10° ;纹层厚度 $1-5\text{mm}$,层系厚度 $2-5\text{cm}$;纹层与层系界面呈相切关系。见图4及图5。

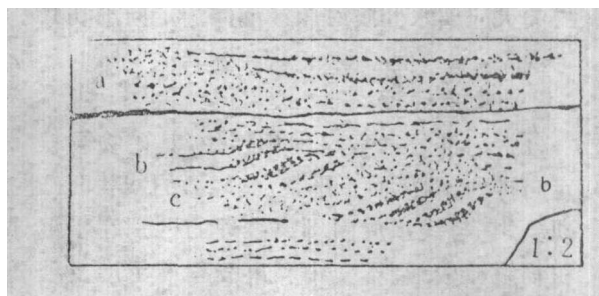


图4 等深积岩交错层理

a. 帚状层理; b. 纺锤层理; c. 带状层理。

Fig. 4. Cross-bedding in contourites.

a = broom cross-bedding; b = fusoid

bedding; c = banded bedding.

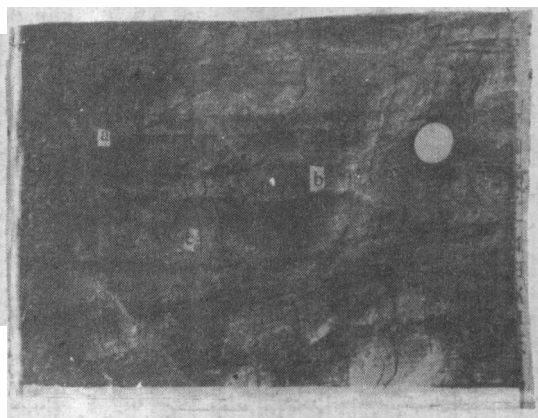


图5 纺锤层理(a,b)及水平层理(c)

Fig. 5. Fusoid bedding (a and b) and

horizontal bedding(c).

(2) 带状层理

层系象带状自由弯曲(见图6),纹层的尖灭多在层系的弯曲部位;该层理的纹层在横向上呈圆滑的曲线,无转折点,与水平层理呈过渡关系,层系厚度 $2-5\text{cm}$ 。

(3) 帚状层理

层系形态象扫帚状,一头收敛,一头扩散直至水平层理;纹层出现两段结构,形似铲状,纹层厚度 3mm 左右,层系厚度 $5-10\text{cm}$ (见图7)。



图6 带状层理

Fig. 6. Banded bedding.

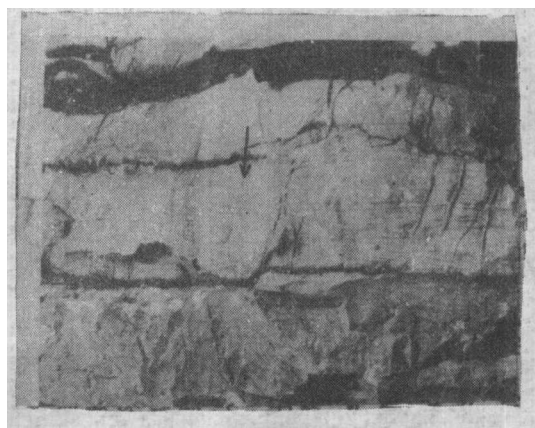


图7 帚状层理

Fig. 7. Broom bedding.

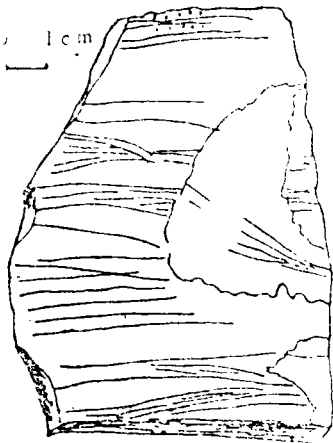


图8 刷痕

Fig. 8. Brush marks.

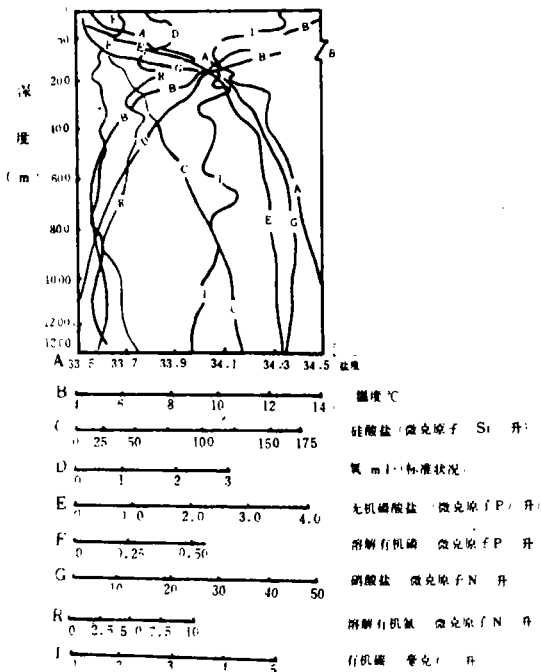


图9 南加利福尼亚近海水中与生物作用有关的一些重要物质的垂直分布曲线(霍恩, 1976年)

Fig. 9. Curves showing the vertical distribution of the important material associated with biological activity in nearshore waters in southern California (Horne, 1976).

酸盐、氧、溶解有机氮和碳等,这些成分又直接影响海水的物理化学性质,然而随着海水的深度增加,其化学成分分布并不均匀,例如现代海洋中南加利福尼亚的近海水中的一些化学

收敛交错层理从其水动力强度上看,比前几种层理的强度要大,而且具有从带状→带状→纺锤层理依次逐渐增强的趋势。水流状态由层流状态的紊流向紊流过渡,其纹层的尖灭应属水介质对床沙形体的定向切削修饰现象。

4. 剥离线理构造

常与准复理石层理相伴生,其矿物颗粒定向排列,剥离面不平整。具轻微的线状凹凸现象,它与浅水成因剥离线理的区别在于沉积物颗粒较细。本文中剥离线理产于准复理石层理的粉屑泥质灰岩及泥灰岩中。

5. 刷(模)痕

产于泥晶粉屑灰岩顶层面上,与收敛交错层理相伴生,常有一组凹状槽迹,均平行定向分布,长度大于 40cm,每剥开一层其下伏纹层可同样出现与上覆纹层方向不一致的另一组沟痕。沟痕宽度在 0.1—0.5mm 之间(图 8)。

从大冶组岩石特征分析,其粒度细、分选性较好、岩石单层薄,仅见少量浮游型瓣鳃化石碎屑,沉积物颗粒多具有定向分布,特别是沉积构造上具有与浅水成因不同的交错层理等。这些特征与 Hollister 及 Heezen (1972) 提出的等深积岩特征是一致的,笔者认为该套岩石属深水碳酸盐岩,并出现有等深流沉积,关于该等深流沉积模式将作初步探讨。

三、等深流理想沉积模式

(一) 深水水体性质的层次性结构

我们知道海水的主要物理化学性质包括温度(T)、压力(P)、粘度(η)、密度(ρ)、盐度(M),海水的化学成分相当复杂,如硅酸盐、卤盐、磷酸盐、硝

成分的垂直分布是一些复杂的曲线(如图9)。这就直接影响了海水的盐度,粘度和密度,后两者又是影响水介质搬运和沉积机理的主要因素。通过有关实验得出海水的盐度、密度、粘度、压力、温度等相互间有着密切的关系。如海水最大密度时的温度随盐度的增大而降低(见图10)。而其粘度在固定的盐度时随压力的变化有一转折点(见图11):当盐度为35‰、温度为20°C时,压力小于500kg/cm²情况下,粘度与压力成反比,压力大于500kg/cm²情况下则成正比;而当温度为-2°C时转折点在1000kg/cm²。如考虑盐度、压力的变化因素,则粘度的变化情况就更为复杂。同理,海水的密度在垂直方向上也是存在多个转折点的变化曲线,现代海洋物理学将各物理、化学参数垂向曲线之转折点附近的水层称为跃层,如温度跃层、盐度跃层等。正由于这些参数跃层的出现导致水体性质的层次性结构,这些参数跃层水域其水介质的性质会出现突变性变化,尤其是密度和粘度。我们将其原来的含义伸出另一概念:在盐度、温度等参数的跃层出现一定深度范围的水层称结构跃层,而与之相间出现的均变水层称结构均变层。这种深水区域的层次性结构,对流体的搬运与沉积作用的影响起着极重要的作用。

(二)等深流理想沉积模式

所谓等深流是平行大陆斜坡上的等深线的底流,从其概念上和现代海洋的实际观察中也就潜在地肯定了这种流体的层次性,也就是说它遵循水体性质的层次性结构并在这种水介质层次性控制下同样出现层次性流体。由于水体结构的不同层之间有突变,层内又具有渐变性,这就使得等深流也依据这种规律发生流体结构的变化。

我们把水体性质具有渐变性的水层,即结构均变层出现等深流时叫等流层,而结构跃层对应出现的等深流叫弥散层,因该层水介质性质是突变的,进入该层的能量易分解释放而使流体不遵循原来的运动方式,发生逸散作用故取此名。这样,在一定深度范围内可有若干个等流层和弥散层相间出现。

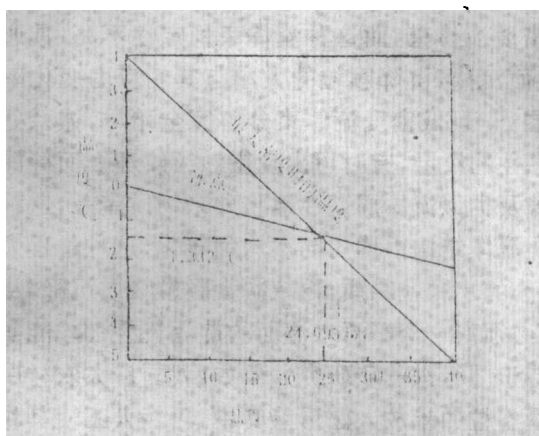


图10 海水的冰点和最大密度时的温度随盐度变化
(景振华 1978年)

Fig. 10. Temperature vs. salinity variation diagram at ice point and maximum density for sea water (Jing Zhenhua, 1978).

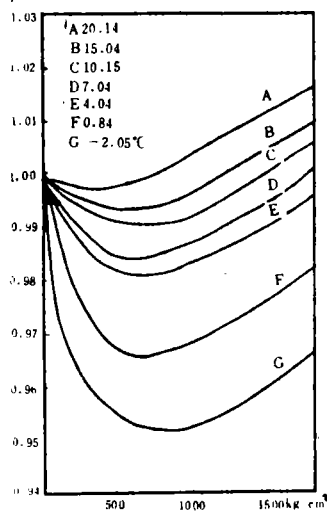


图11 在不同压力海水(35‰)的粘度曲线
(Horne与Johnson 1966年)

Fig. 11. Curves for the viscosity of sea water (35‰) at different pressures (Horne and Johnson, 1966).

现在我们只需考虑一个等流层和弥散层内部的流体结构总体变化特征及沉积构造序列。而其它相应层与之是相似性关系。

1、等流层

影响流体结构变化的因素是其抗剪切变形的强度,它取决于流体的粘度,粘度大则抗剪强度大,变形系数小,反之亦然。由于等流层水介质是均匀的或均匀变化的,那么对应于其抗剪强度是一定值或是均匀变化的,这就决定了该层流态是层流或者是层流形式的紊流。然而这两种流态是相互交替变化的:1)由于地形条件变化已沉积的颗粒重新被悬起,加之弥散层下沉颗粒进入等流层,以及本身的颗粒沉降作用,使得层内发生物质交替,这种过程可使原来的层流向层流形式的紊流转化;2)对于单个等流层来说可以看成是独立的受力体,那么静压力的作用又促使紊流向层流转变,在这两种流态循环往复的转化过程中,某些颗粒便发生沉降而形成床沙胚体,每完成一个转化流体都要对床沙进行同相位的修饰作用,从而可形成收敛交错层理系列。

对于等流层的边界问题,(尤其是顶界),由于上覆另一流体层相当于附加盖面,即使在等流层顶部出现紊流,那也会向层流转变,这种现象可借用在挑水的桶内水面上加一树叶以避免在晃动时水会溢出桶面的日用常识来佐证,实际上在同一等流层内也有次一级的等流层出现,也就是说等流层内部有多个次级界面,只是这种界面出现与消失的频率较高,这就是深水流体的波长为何远大于波高的原因之一,也是等流层中收敛层理之细层收敛的原因之一。

依据上述分析、等流层内部在一般情况下从下至上可能出现砂泥水平层理——收敛交错层理系列并伴生有等深流刷痕出现。

2、弥散层

由于该层是水体结构跃层,其性质在垂向上变化较大,因而流体也是不稳定的。也就是说层内各处抗剪切强度化较大,或者是非线性的,其流态应是一种逸散紊流,由于该层内各种物质成分含量变化大,一定存在若干个低密度流体束,而这种流体束稳定性不高,具逸散作用,流体能量易分解,碎屑颗粒便发生分异而沉降,沉降颗粒的大小与其切应力变化率成正比,因此是从大到小依次沉降构成正粒序层,一旦低密度流体束分解完全殆尽,体系处于暂时均匀状态,颗粒便混乱堆积构成不具粒序性的纹层,有时可出现微沙纹纹理。而等深流涉及的距离较长(可能属于洋流的分支),本身及类似流体周期性地将来物质带入,这种物质的补充又可逐渐形成另一低密度流体束,即流体结构由均匀向不均匀转化,这种过程大颗粒不容易沉降,而先沉降抗剪强度低,上浮力小的小颗粒物质,再依次大颗粒物质沉降,从而构成逆粒序层理,这种层理的流态比较特殊,必须有一个平行水流面的旋涡流叠加才能实现流体束的形成及沉积特征的出现(这一点有待于同行进一步研究)。例如,我国广大农村中分选谷与米,将碾出的且经风车分选出的含少量谷粒的米放入圆形簸箕中,再经人工使其作螺旋式圆周运动,其结果是质量大摩擦力大的谷粒浮在上面且汇聚簸箕中心,大颗粒圆滑的米粒置于中层而碎末及少量糠处于下层及簸箕边缘,由此是否可认为逆粒序层理其颗粒沉降方式是从大到小颗粒且呈辐射状沉降泥!是否还有其它的方式笔者不能肯定,但就所发现的复理层理来看,逆粒序层远少于正粒序层的数量,这就基本上可认为是外加条件如风暴的旋涡作用等影响形成的。

上述所讨论的低密度流束不断出现与消失,这种循环转化就可构成复理石层理。

前面已将各水体结构层对应的流体结构层作了流态分析及沉积机理的判断,推测出应形成的沉积构造,现归纳成一初步模式图(图 12)如下:

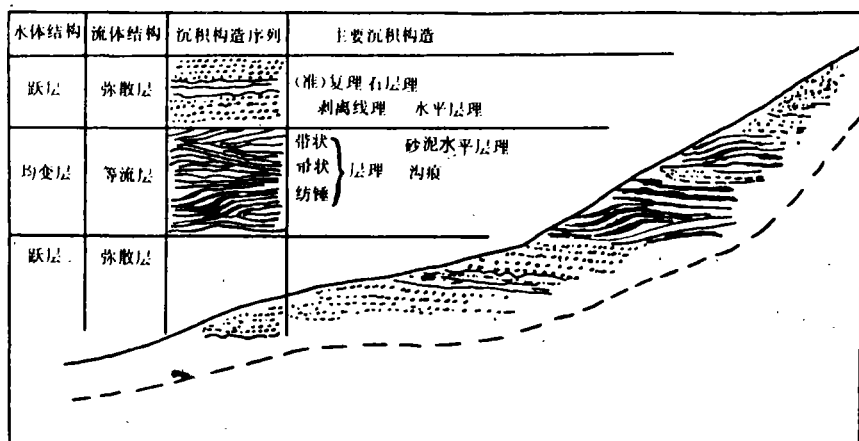


图 12 等深流理想沉积模式

Fig. 12. An idealized sedimentary model for contour current deposits.

从上述推理出的理想模式联系到湘南大冶组所发现的等深积岩沉积构造,这两者是吻合的,从模式构成的逻辑来看,本模式作为具体区域沉积模式是成立的,它将为综合模式的构成提供素材。

四、结 论

通过对湘南地区下三叠统大冶组等深积岩的沉积构造序列特征认识及其沉积模式的探讨。笔者认为等深流体有以下几点特点与其它性质的流体相区别:

- 1、流体结构是分层次的,由于水介质的层次性结构导致流体运动的层次性结构。
- 2、等深流的流态:等流层主要是层流及层流状态的紊流,弥散层主要是逸散紊流与层流的相互转化。
- 3、收敛交错层理是该流体的沉积特征之一,也是区别其它深水流体的特征。
- 4、沉积构造序列变化是不同层次介质流态的反映。也是水体结构演化的反映,而浅水流体沉积构造序列是沉积环境演化的结果。
- 5、将复理石层理归入等深流沉积是笔者对该流体的广义认识,它产于弥散层,这种特殊水层的成因可能与同沉积期大地构造运动,周期性洋流,风暴流等外界因素有着密切的联系,地槽区的复理层特别发育这就不能不联系到构造运动的因素,它至少对于物质来源的提供和对水体结构的变化起了一定的间接作用。

五、后 记

关于等深流的搬运、沉积机理及沉积模式的建立基本上是依据实例为素材而进行流体

性质等理论方面的探讨归纳而成的,由于条件限制缺乏实验依据,本文的目的是提出笔者对等深流沉积探讨的逻辑方法,以取得同行证实和商榷。

另外,对于曾允孚、李汉瑜两位教授对本人的关心帮助,以及本单位有关同志的协助,在此一并致谢。

Contourites and Their Sedimentary Model in the Lower Triassic Daye Formation, in Southern Hunan Province

Wu Jianbai

(Regional Geological Survey, Hunan Bureau
of Geology and Mineral Resources)

Abstract

It is the first time to discover contourites in Hunan Province, China. The main sedimentary structures in the contourites include convergent cross-bedding, flyschoid bedding and contour current marks.

This paper deals with the vertical changes in physical and chemical properties of water bodies in deep-water zone, which are responsible for the formation of ordered structures, i. e., a series of graded beds and mutation beds. The different flow regimes of contour currents can give rise to distinct sedimentary structures which are ascribed by the author to the structural beds on the basis of the mechanism for the formation of the sedimentary structures, thus resulting in the establishment of a tentative sedimentary model for the contourites. Furthermore, the author suggests in the study that flyschoid bedding may be included in the sedimentary structures in contour current deposits, so that the implications for contour currents may be extended. This is of special theoretical significance.