

云南曲靖中泥盆统曲靖组的沉积环境： 一种陆源碎屑与海相碳酸盐的混合沉积

杨朝青 沙庆安

(中国科学院地质研究所)

提要 云南曲靖中泥盆统曲靖组中发育了陆源碎屑与海相碳酸盐的混合沉积。混合沉积发生在以泥为背景沉积物的海湾中，系由突发性事件造成，属间断混合。主要表现为：在同一沉积环境背景上，陆源碎屑与灰泥和生物屑混合掺杂而形成混合组分沉积物。本文还对混合组分岩石的分类命名作了讨论，并命名了混合沉积的典型产物“混积岩”

主题词 曲靖组 混积岩 海湾 混合沉积

第一作者简介 杨朝青 男 25岁 硕士 沉积学

混合沉积是一种重要的沉积现象。广义地讲，混合沉积包括同一沉积环境背景中陆源碎屑与碳酸盐的相互混杂及相互交替；狭义地讲，混合沉积则只指这两种沉积物相互混杂的沉积状况。

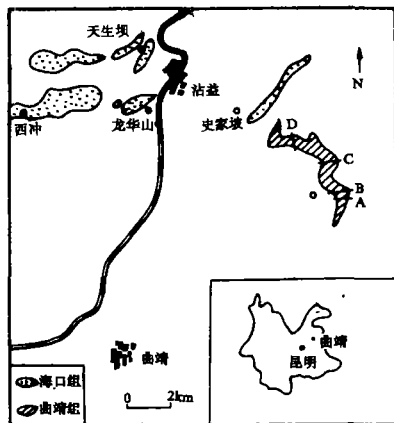
云南曲靖一带的中泥盆统曲靖组是混合沉积的一例。对这种沉积特别是混合组分岩石的研究，将有助于加深对海洋近岸带沉积的认识。

一、地质背景

研究区位于曲靖市北的沾益附近（图1）。在中泥盆世，该区处于低纬度带（候鸿飞、王士涛，1985）。西有康滇古陆、北邻上扬子古陆，西南面还有牛首山岛。研究区及其邻近地区的古地理轮廓颇似海湾，并深受陆源物质的影响。

志留纪末期，受加里东运动的影响，云南大部分地区抬升为陆，仅在元江、华宁和曲靖至寻甸一带继续接受沉积。曲靖一带早泥盆世沉积了一套海陆交替的碎屑岩和泥岩。在中泥盆世，研究区东部发育以泥岩、海相碳酸盐岩为主夹陆源碎屑的曲靖组；研究区西部发育以砂岩、泥岩为主偶夹海相碳酸盐岩的海口组（图1）

在研究区，曲靖组的岩性及古生物特征有



A、猫头鹰沟剖面 B、岩子沟剖面
C、黄毛沟剖面 D、马龙营剖面

图1 露头及剖面位置图

Fig.1 Location of the sections studied and the outcrops of the Qujing Formation and the Haikou Formation

明显的变化。从乌龙营至岩子沟，砂岩出现的频率和累积厚度显著减少，而灰岩则有增加的趋势。在小范围内，陆源碎屑岩与海相碳酸盐岩就有明显的穿插与交替。这一点在黄毛沟剖面尤为突出。陆源碎屑与海相碳酸盐混杂而成的混合组分岩石——混积岩在黄毛沟剖面多次出现，猫头鹰沟剖面及岩子沟剖面也有少量。

研究区曲靖组的环境背景总的来说是处于海洋近岸地带，西陆东海且有河流注入。从陆向海，沉积环境表现为潮坪、海湾、礁滩和正常浅海的变化(图 2)，一般情况下，海湾的背景沉积是陆源泥，但这种沉积状况会受到陆源碎屑及碳酸盐物质侵入的频繁干扰。海湾外缘的生物礁滩主要由层孔虫(图版 5)及六方珊瑚筑造而成的小型丘状礁体及通孔珊瑚断枝堆积而成的生物滩所构成。礁滩外侧的正常浅海则以瘤状灰岩与含粉砂泥的频繁交替为特征。

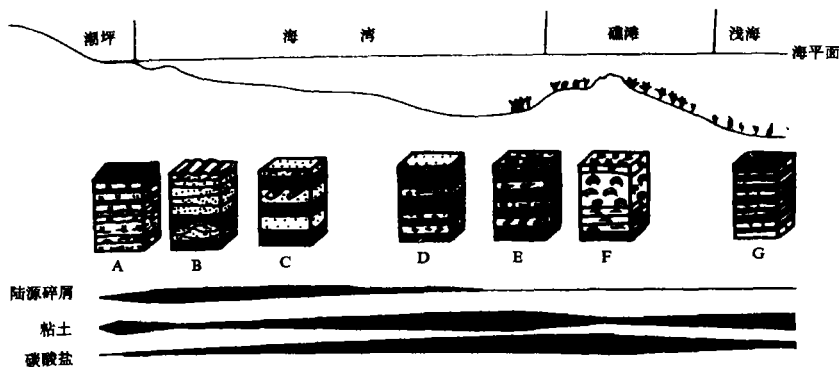


图 2 曲靖组沉积环境特征示意图

Fig.2 Sedimentary environmental characteristics of Qujing Formation

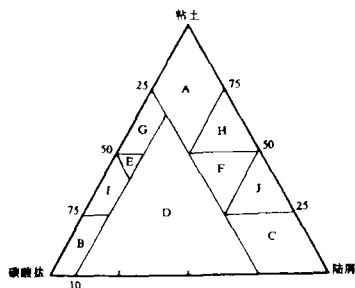


图 3 混合组分岩石的分类和命名

Fig.3 Classification and nomenclature of rocks composed of mixed sediments of terrigenous clastics, carbonate and clay

- A、泥岩类 B、碳酸盐岩类 C、陆源碎屑岩类
- D、混积岩类 E、灰(或云)泥岩类 F、陆屑—泥岩类
- G、灰(白云)质泥岩类 H、陆屑抽泥岩类
- I、泥质灰(白云)岩类 J、泥质陆源碎屑岩类

二、混积岩的命名

混积岩泛指陆源碎屑与海相碳酸盐(不包括胶结物)这两种沉积物混合而成的岩石,粘土矿物可有可无。它是混合沉积的典型产物,

过去曾有不少人描述过这类岩石。如沙庆安等(1981)在研究滇东中,上泥盆统沉积特征及沉积相时,就根据灰岩中所混入陆源碎屑的多少,在灰岩前加“含砂(砾)”、“砂(砾)质”而称之。刘宝君等(1983)在论述珠穆朗玛峰地区侏罗纪地层中的海岸地带混合沉积时,也提到了含石英砂屑骨屑灰岩、含石英似球粒灰岩这些由混合组分沉积物所组成的岩石。他们都是依含量的

多少来描述的。过去的沉积学教科书对混合组分岩石的分类与命名没给与应有的重视。直到1985年 Mount 才提出了一种结构—组分初步划分方案。他采用四端元(砂、异化粒、灰泥

和泥质物) 的立体图法进行分类, 不是那么直观。

曲靖组混合组分岩石各组分的含量统计结果表明, 混合沉积物中陆源碎屑含量普遍大于 10%; 当陆屑含量超过 75% 时, 灰泥就极少与陆屑共存; 粘土矿物多赋存于灰泥颗粒之间且随陆屑含量的升高而减少。结合曲靖组混合组分岩石的组成特点, 我们提出了混合组分岩石分类、命名的初步方案 (图 3)。

我们认为陆源碎屑与碳酸盐的混合是一种较特殊而有意义的沉积现象。对这种混合状况的成因意义我们予以强调, 并将组分落在碳酸盐大于 25%、陆源碎屑大于 10% 范围内的岩石称作混积岩。具体研究时, 可根据岩石中各组分的含量及结构, 在“混积岩”前加前缀作进一步描述, 如石英细砂-灰泥混积岩。

三、混积岩特点及其沉积机理

曲靖组中的混积岩 (图版 1~4) 的主要特点有:

1、陆源物质与海相碳酸盐混合

陆源物质包括细砂、极细砂、粉砂及粘土。陆屑主要成分为石英和长石, 次棱一次园状, 平径粒径约 3.5Φ , 分选好——一般, 含量变化大。粘土矿物多为片状并赋存于灰泥颗粒之间。海相碳酸盐主要为米粒状灰泥 (可能是绿藻的骨针) 及各种生物屑, 如棘皮类、苔藓虫类、腹足类、瓣鳃类、腕足类、介形类、通孔珊瑚及双孔虫等。

2、粒度相差极大的沉积物共存

混积岩中的混合组分沉积物分选极差。陆屑为粉砂-砂级, 米粒状灰泥为粉砂-泥级, 而生物屑则属砾级, 大的粒径可达数厘米。

3、岩石具块状层理或正粒序层理

反映了当时流体携带有大量悬浮载荷, 堆积速度快, 颗粒来不及分选或仅有一定分选的沉积状况。

4、海、陆生物化石混杂

陆源的鱼及植物残体在混积岩中与各种海洋生物屑或完整骨骼 (如腹足类壳) 相混合, 从而形成海、陆生物化石共存的状况。

5、岩石常具遗迹化石

混积岩中多见的遗迹化石有根珊瑚迹 (图版 6)、动藻迹 (图版 7)、梯管迹 (图版 8)

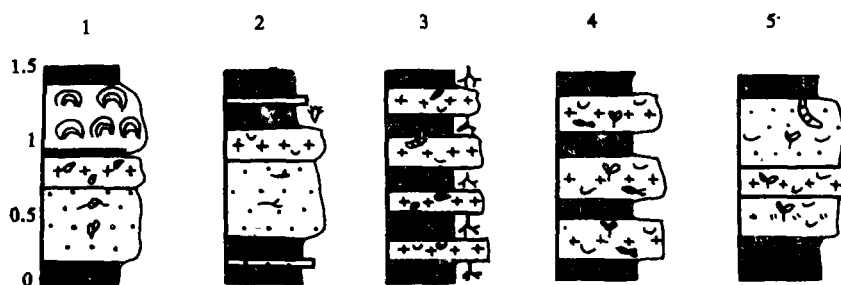


图 4 混积岩与其它岩石的纵向关系

Fig.4 Vertical relationship between mixed sedimentites and other rocks

及均分潜迹。它们均形成于潮下环境。

6、混积岩与其它岩石的纵向关系为 (图 4)

(1) 下为含植物碎屑的沙纹交错层理粉、细砂岩, 上为泥岩:

(2) 由含瓣鳃类介壳屑、通孔珊瑚断枝的块状砂岩过渡而来, 上为含完整小瓣鳃化石的泥岩;

(3) 与分布有大量均分潜迹的粉砂质泥岩交互;

(4) 与含粉砂泥岩交互;

(5) 下为粉砂岩, 上为砂岩。

近年来, 不少沉积学家对现代和古代沉积中硅质碎屑与碳酸盐混合沉积物的产状进行了研究, 结果表明: 混合沉积物实际上并不是一种违反常规的例外, 而是一种十分常见的沉积产物, 且具广布性和多样性。Mount (1984) 在总结有关混合沉积的研究成果后, 分出了四种混合沉积作用类型:

(1) 间接混合: 突发的风暴或其他周期性极强的事件把沉积物从一个沉积环境搬运到另一个沉积环境;

(2) 相源混合: 沉积物沿不同相之间的扩散边界发生混合;

(3) 原地混合: 碳酸盐组分由堆积在硅质碎屑基底之内或之上的原地、准原地死亡的钙质生物所组成;

(4) 蚀源混合: 混合是由邻近的已石化的碳酸盐源区的抬升和冲蚀造成的。

经区域观察和相分析, 对曲靖组的混合沉积从古地理环境来看, 发生在海、陆过渡地带附近, 是海、陆共同影响的产物。从地层接触递变关系看, 混积岩与海相碳酸盐岩无直接过渡关系, 从沉积相的时空分布看, 混合沉积是断续而频繁的。

类似的沉积状况国外也有发现。Tucker (1982) 在研究了挪威南部晚寒武风暴沉积后指出, 潮下较深水环境的背景沉积是灰泥, 而细粒石英砂则是由风暴大潮自近滨带入的 keuing 和 Muuins (1975)、Markello 和 Read (1981) 对古代陆棚沉积的研究也表明, 风暴可以将生物碎屑和石英砂一起带入位于好天气浪基面下的潮下环境, 从而形成混合组分沉积物与陆源泥和碳酸盐粉砂屑这些背景沉积物的交替。

综合诸方面的特征后, 我们认为曲靖组的混合沉积是由间断混合作用造成的。

那么是何种突发性的事件导致了这种沉积物之间的相互混杂以及砂岩、碳酸盐岩与泥岩的频繁交替呢?

沉积环境分析及混积岩本身的特点表明:

(1) 礁滩内侧的海湾为混合沉积的场所;

(2) 陆屑来自河口及滨岸地带。礁滩及海湾内的苔藓虫断枝滩、腹足类介壳滩则是碳酸盐物质的供源;

(3) 混合组分沉积物是快速堆积下来的;

(4) 礁滩前缘通孔珊瑚断枝灰岩与通孔珊瑚断枝泥岩的频繁交替以及正常浅海中瘤状灰岩与含粉砂泥岩的频繁交替, 都反映了强水流沉积与静水沉积的交替。通孔珊瑚断枝灰岩及瘤状灰岩中有许多六方珊瑚块体呈倾斜或倒转埋藏, 最大的珊瑚块体直径可达 1.2 米, 这充分说明了强劲水流的存在。

上述特点说明: 在曲靖组沉积时期, 研究区近岸海洋中必然存在间歇性频繁出现的突发

性强水流, 且是双向流动的。

在海洋近岸带, 突发性的强大水流可由风暴、海啸或海底滑坡造成。能够致使陆源碎屑和碳酸盐物质分别从不同地带以不同方向进入海湾并发生混合的强大的间歇性水流, 从现有认识来看, 以风暴潮流的可能性最大。理由主要有:

- (1) 海啸难以产生得那么经常, 而形成强水流沉积与静水沉积的频繁交替;
- (2) 研究区当时并不存在大的斜坡, 因而产生地滑激浪的可能性不大;
- (3) 均分潜迹与根珊瑚迹的交替出现反映了好天气与风暴天气的交替变化;
- (4) 中泥盆世时期, 研究区处于低纬度带, 且是西陆东海。这是风暴的多发带, 故风暴潮流可以经常产生。

综前所述, 混合沉积的环境背景及混合机理是河流将陆源物质携带入海, 然后堆积于河口或经沿岸流的搬运而分散于海岸地带。在海洋中, 正常情况下的背景沉积物是泥。海湾外缘有礁滩发育, 海湾内的某些地方也有底栖生物的大量繁盛。它们都是碳酸盐物质的来源。混合沉积作用是由突发性的强大水流(最可能是风暴潮流)造成的。这种强大的水流向岸将碳酸盐物质自礁滩带入海湾; 在河口及海岸边, 这种高强度的水流又强烈地侵蚀堆积在那里的沉积物, 然后向海回流并把陆屑卷入海湾。碳酸盐物质和陆屑混合后, 就在礁滩内侧的海湾快速堆积下来, 形成混合组分沉积物; 或者只是间歇性地将陆屑或碳酸盐物质带入以泥为背景沉积的海湾, 结果形成泥岩与砂岩、碳酸盐岩的交替。向海方向的回流同样可以把礁滩带的生物屑及灰泥卷入礁滩前的正常浅海, 或打翻通孔珊瑚, 从而形成瘤状灰岩与含粉砂泥岩、通孔珊瑚断枝灰岩与通孔珊瑚断枝泥岩的交互组合。所有这些沉积都是在同一种水动力机制的控制下产生的。

四、结论

1、研究区内曲靖组分分布范围虽然不大, 但却存在明显的相变。从马龙营至岩子沟, 砂岩出现的层数与累积厚度显著降低而灰岩则增加。在小范围内, 陆源碎屑岩与海相碳酸盐岩就有明显的穿插和交替;

2、曲靖组中的混合沉积表现为: 陆屑、碳酸盐侵入泥的沉积地带, 形成三者的频繁交替, 更重要的是陆源碎屑与海相碳酸盐混杂而形成混合沉积的典型产物——混积岩。

3、混积岩的主要特点有: ①陆源碎屑与海相碳酸盐混杂; ②粒度相差极大的沉积物共存; ③具块状或正粒序层理; ④海、陆生物化石共存; ⑤常见遗迹化石动藻迹、根珊瑚迹、均分潜迹和梯管迹, 和⑥混积岩与碳酸盐岩无直接过渡关系。

4、混合沉积作用发生于以泥为背景沉积的礁滩内侧海湾中。这种混合沉积作用由频繁出现的间歇性突发事件造成, 属间断混合, 作用营力以风暴的可能性最大。

感谢叶连俊先生, 对我们的工作给与了热情的支持并在百忙中审阅了本文草稿。

收稿日期 1988 年 1 月 4 日

参 考 文 献

- (1) 刘宝君等, 1983, 沉积学报, 第1卷, 第2期, 1-16页。
- (2) 沙庆安等, 1981, 滇东中、上泥盆统沉积特征与沉积相, 沉积岩石学研究 (论文集), 科学出版社。
- (3) 候鸿飞、王士涛, 1985, 古生物学报, 第24卷, 第2期, 187-195页。
- (4) Kelling, G., and Mullin, P.R., 1975, *Sedim Geol.* Vol.13, p.161-190.
- (5) Markello, J. R., and Read, J. F., 1981, *Sedimentology*, Vol.28, p.573-597.
- (6) Mount, J. F., 1984, *Geology*, Vol.12, p.432-435.
- (7) Mount, J. F., 1985, *Sedimentology*, Vol.32 p.435-442.
- (8) Tucker, M., 1982, Storm-surge sandstones and the deposition of interbedded limestone: Late Precambrian, southern Norway, in Einsele, G., and Seilacher, A., eda., *Cyclic and event stratification*: Berlin, Springer-verlag, p.363-370

SEDIMENTARY ENVIRONMENT OF THE MIDDLE DEVONIAN QUJING FORMATION, QUJING, YUNNAN PROVINCE: A KIND OF MIXING SEDIMENTATION OF TERRIGENOUS CLASTICS AND CARBONATE

Yang Chaoging Sha Qingan

(Institute of Geology, Academia Sinica, Beijing)

Abstract

The Middle Devonian Qujing Formation, situated in Qujing, Yunan, provides an opportunity for the study of mixing sedimentation.

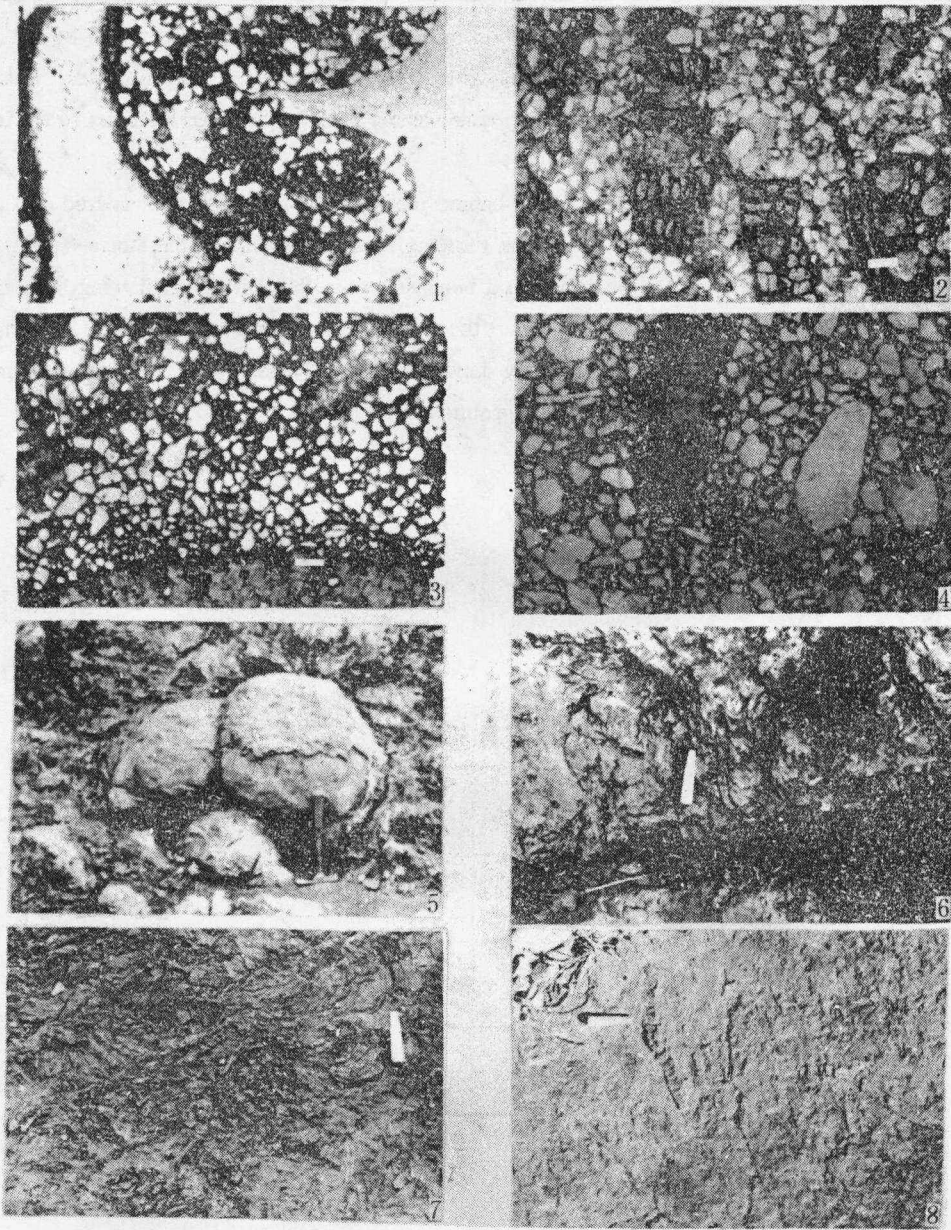
In the study area, the Qujing Formation is characterized by the rocks composed of the mixed sediments of siliciclastics and carbonate and the interbedding of terrigenous clastic rock and carbonate rock with terrigenous mudstone.

The rocks composed of the mixed terrigenous clastic and carbonate sediments are very eye-catching. Here we name this kind of rocks MIXOSEDIMENTITE. The mixosedimentites are the typical products of mixing sedimentation. The mixosedimentites of the Qujing Formation have the following characteristics: 1) The rocks are composed of terrigenous sand, silt and mud and marine lime mud and bioclastics; 2) The remains of trees and fish from the land area coexist with the marine bioclastics; 3) The sorting of the mixed sediments is very poor; 4) The rocks are of massive or graded bedding; 5) There are trace fossils such as Zoophycos, Rhizocorallium, Chondrites or Phycodes in the rocks; 6) The mixosedimentites have no vertical or lateral transition with carbonate rocks.

The depositional environment of the Qujing Formation in the study area was mainly representative of

gulf, reef-bank and shallow shelf. Rivers flow into the gulf somewhere, carrying terrigenous sediments and the remains of trees and fish into the sea. The terrigenous mud was the background sediment of the gulf in the normal condition. But the terrigenous mud deposition in the gulf was frequently interrupted by the input of terrigenous clastics and marine carbonate. In the margin of the gulf lay the reef-bank complex, which is the main source of carbonate material. Outside the reef-bank was the shallow shelf characterized by the interbedded nodular limestones with mudstones.

The mixing sedimentation occurred in the gulf behind reef-bank complex. It is considered that the mixing of sediments was most likely caused by storms. Flowing toward the shore, the storm-surge currents eroded the reef-bank and transported lime mud and bioclastics into the gulf. When flowing back from the shore, the storm-surge currents could also transport the terrigenous material into the gulf. The terrigenous clastics and carbonate could be mixed and rapidly deposited probably out of the suspension to form the mixosedimentites or only interbedded with the background mud.



1-4、混积岩（白条长相当于0.2mm）5、层孔虫 6、根珊瑚迹 7、动藻迹 8、梯管迹