

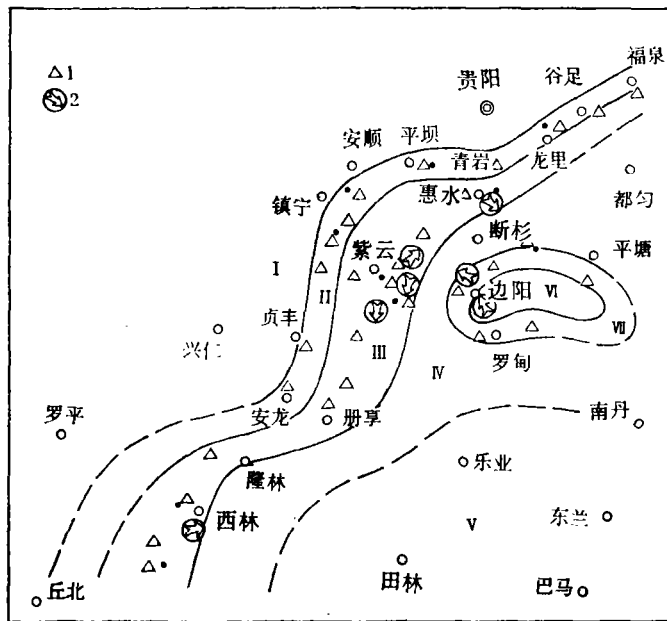
# 黔南桂西早三叠世大陆斜坡 碳酸盐重力流沉积

王一刚

(四川石油地质勘探开发研究院、成都)

黔南桂西地区(东经105°—107°, 北纬24°20′—26°40′)地跨扬子准地台和加里东褶皱带两个一级大地构造单元。早三叠世时该区由西北向东南, 从浅海沉积环境变为深海沉积环境。沿贵州福泉、惠水、紫云、贞丰、安龙以及广西隆林、西林一带长约400公里、宽25—70公里的“S”形狭长地区是分隔浅海、深海沉积环境的古大陆斜坡。

该区的沉积相带划分如图1。各相带的主要沉积特征见表1。斜坡相带沉积物主要为低密度浊流和远洋悬浮沉积的暗色薄板状泥晶灰岩, 具重力滑移构造(图版I, 6)。



1.碳酸盐角砾岩露头 2.重力流古流向  
I 碳酸盐台地相 II 上斜坡相 III 下斜坡相 IV 深水盆地相 V 深水海槽相,  
VI 孤立碳酸盐台地相 VII 孤立碳酸盐台地斜坡相

图1 黔南桂西早三叠世沉积相带分布示意图

Fig. 1 Sketch map showing the distribution of the sedimentary facies during the Early Triassic in Southern Guizhou and Western Guangxi

但它最具特征的沉积物是重力流成因的各种碳酸盐角砾岩和钙屑浊积岩。

表1 黔南桂西早三叠世沉积相带特征

Table 1 The characteristics of sedimentary facies in the Early Trassic in Southern Guizhou and Western Guangxi

| 特征     | 相区   | 碳酸盐台地                                                | 碳酸盐上斜坡                                            | 碳酸盐下斜坡                                         | 深水盆地                                          | 深水海槽                                       |
|--------|------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 岩石类型   |      | 亮晶鲕状灰岩、亮晶生物屑灰岩、泥粉晶生物屑灰岩、泥粉晶白云岩、中—细晶白云(化)岩、膏盐溶塌角砾白云岩。 | 含生物屑泥晶灰岩、含泥质灰岩、泥晶白云岩、中—细晶白云岩、滑动流、泥石流沉积角砾岩、泥—粉晶灰岩。 | 泥晶灰岩、含泥质灰岩、硅质泥岩、硅质岩、油积岩及颗粒流、泥石流、滑动流沉积的砾岩、等深积岩。 | 钙质泥岩、硅质岩、尘屑凝灰岩、含生物屑泥晶灰岩、泥页岩、粉晶灰岩、粉砂质泥岩、钙屑浊积岩。 | 硅质岩、泥晶灰岩、硅质泥岩、凝灰岩、火山灰流型浊积岩、钙屑浊积岩, 陆源碎屑浊积岩。 |
| 颜色     |      | 浅灰~灰白                                                | 浅灰~灰                                              | 深灰、灰、紫红                                        | 灰黑~灰绿                                         | 深灰~黑灰                                      |
| 沉积厚度   |      | 522—1504米                                            | 200—650米                                          | 147—448米                                       | 30—350米                                       | 70—360米                                    |
| 生物化石组合 | 有孔虫  |                                                      |                                                   |                                                |                                               |                                            |
|        | 叠层石  |                                                      |                                                   |                                                |                                               |                                            |
|        | 藻屑   |                                                      |                                                   |                                                |                                               |                                            |
|        | 藻核形石 |                                                      |                                                   |                                                |                                               |                                            |
|        | 海百合  |                                                      |                                                   |                                                |                                               |                                            |
|        | 腹足类  |                                                      |                                                   |                                                |                                               |                                            |
|        | 介形虫  |                                                      |                                                   |                                                |                                               |                                            |
|        | 瓣鳃   |                                                      |                                                   |                                                |                                               |                                            |
|        | 菊石   |                                                      |                                                   |                                                |                                               |                                            |
|        | 放射虫  |                                                      |                                                   |                                                |                                               |                                            |
| 钙球     |      |                                                      |                                                   |                                                |                                               |                                            |
| 硅质海绵骨针 |      |                                                      |                                                   |                                                |                                               |                                            |
| 沉积构造   |      | 水平层理, 波状层理; 波痕; 鸟眼构造, 干裂, 藻纹层、藻叠层石、粒序层               | 水平层理、斜波层理; 水平虫迹发育; 截切构造、重力滑移挠曲构造。                 | 水平层理、斜波层理、粒序层理; 重力滑移挠曲构造、泄水构造、截切构造。            | 水平层理极为发育, 斜波纹层、粒序层理                           | 水平层理、斜波层理、粒序层理、底部印模构造                      |
| 酸不溶物含量 |      | 最低                                                   | 较低                                                | 高                                              | 较高                                            | 最高                                         |

## 一、碳酸盐重力流沉积物的沉积特征

根据区内碳酸盐重力流沉积物的沉积构造和岩石结构所反映的沉积物流动支撑机制<sup>[4]</sup>, 可将其分为五种类型(图2)。分述如下:

### 1. 碳酸盐低密度浊流沉积

深灰色薄层状含泥质的细粉屑泥晶灰岩及绿灰色钙质泥岩。水平纹理发育, 可见斜波纹层。层间无明显冲刷。见*Chondondrite*组合遗迹化石<sup>1)</sup>及硅质放射虫、硅质海绵骨针等深水生物化石(图版I, 1、2)。镜下可见微粒序层理。

1) 成都地质学院林文球鉴定。

这些细粒沉积物是由台地沿斜坡持续而缓慢流动的低密度浊流沉积作用之产物（密度 $<1.1$ 克/厘米<sup>3</sup>）〔3〕，有时可见等高流改造的痕迹。

### 2. 碳酸盐高密度浊流沉积

深灰色砂屑泥晶灰岩及含细砾、砂屑泥晶灰岩。具完整或不完整的鲍玛序列。与下伏层突变接触或与其他类型的重力流沉积物连续过渡，前者底面可见印模构造。颗粒成分主要为细至粗砂级的生屑、钙质砂屑，其中同时含早三叠世和晚二叠世的深、浅水生物化石碎片。基质为灰泥、粘土及火山尘等。鲍玛序列A段粒序层常占层序厚度一半以上，B、C段层理多由片状生屑定向排列所显示。较之于陆源碎屑浊积岩，其粒径更粗，分选更差。

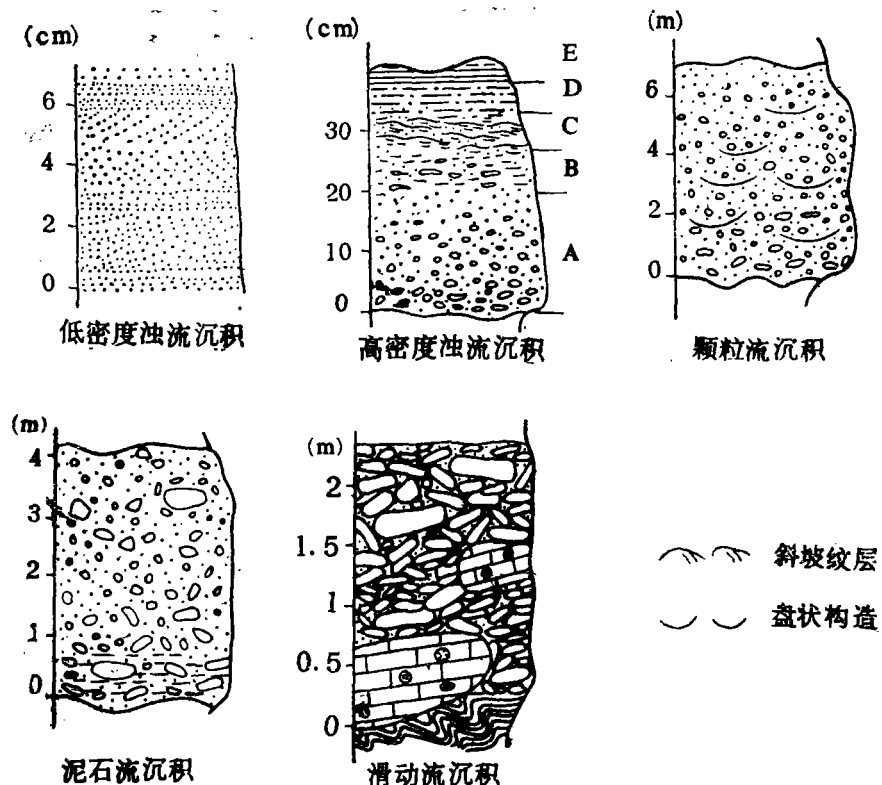


图2 碳酸盐重力流沉积序列

Fig. 2 Sedimentary sequence of the carbonate gravity flows

### 3. 碳酸盐颗粒流沉积

亮晶细砾砂屑灰岩。颗粒含量一般占85%，分选、磨圆较好，随机密集堆积。颗粒以浅水成因的生屑、岩屑为主，深水成因的尘屑凝灰岩、泥灰岩岩屑次之，并含少量上二叠统地层的岩屑。粒间由粒状亮晶方解石胶结（图版I，3）。可见颗粒具塑性形变或呈压溶镶嵌接触，表现出沉积物在深海环境中胶结作用缓慢、颗粒受压实作用影响较大的特点。具盘状泄水构造（图版I，4）。底部有微冲刷构造或与下伏重力流沉积物连续过渡。

#### 4. 碳酸盐泥石流沉积

基质支撑的碳酸盐角砾岩无层理构造。砾石形状各异,分选极差,最大砾径达数米。砾石在基质中随机分布,形成杂乱组构。来自浅水台地的亮晶生屑灰岩、鲕粒灰岩的砾石呈不规则的近等轴状;来自斜坡暗色泥晶灰岩的砾石呈板条状,部分具塑性形变。基质由灰泥及少量泥质物组成。

#### 5. 碳酸盐滑动流沉积

碎屑支撑的碳酸盐角砾岩。单层厚度大,不具层理。砾石含量可达90%,砾径大小极悬殊且密集定向排列是滑动流沉积物的最显著特征(图版I,1)。来自浅水台地的亮晶鲕粒灰岩之砾石、生屑灰岩之砾石多呈近等轴状,最大砾径达数十米;来自深水斜坡的泥晶灰岩砾石多呈板条状,砾径皆小于30厘米。砾间可呈压溶缝合接触。与下伏泥晶灰岩常为突变接触,底面不平整。下伏泥晶灰岩常具有因牵引作用形成的倒转滑移褶曲或被截切,幅度可达1至5米(图版I,6、7)。

滑动流沉积的角砾岩多呈透镜体或楔形体产出。在纵、横向上可观察到由成层的薄层泥晶灰岩→岩层变形、挠曲,破裂解体的滑坡、滑塌角砾岩→具有明显定向组构的滑动流沉积角砾岩→泥石流沉积的基质支撑角砾岩这样的连续过渡层序。

泥浆静态模拟试验及简单的计算表明<sup>[1]</sup>:在水下仅靠少量基质的强度是不能托浮这样多的大砾石的。其明显的沉积特征及野外产状表明它们是由少量灰泥基质在砾间起润滑减阻作用,砾石在重力作用下沿许多不连续的剪切面相对滑动,从而使整个沉积物块体沿斜坡向下流动,在深水中沉积的产物。因此,将具这种流动支撑机制的沉积物重力流称为“滑动流”,滑动流成因的角砾岩称“滑积岩”。

## 二、碳酸盐重力流沉积物的组合层序

区内各种碳酸盐重力流沉积物常呈有规律的组合层序产出。这是随着外界环境变化,在重力流流动过程中各种支撑机制发生有规律演化的结果。现将主要类型讨论如下:

### 1. 简单组合类型

#### (1) 碳酸盐滑动流-泥石流沉积组合层序

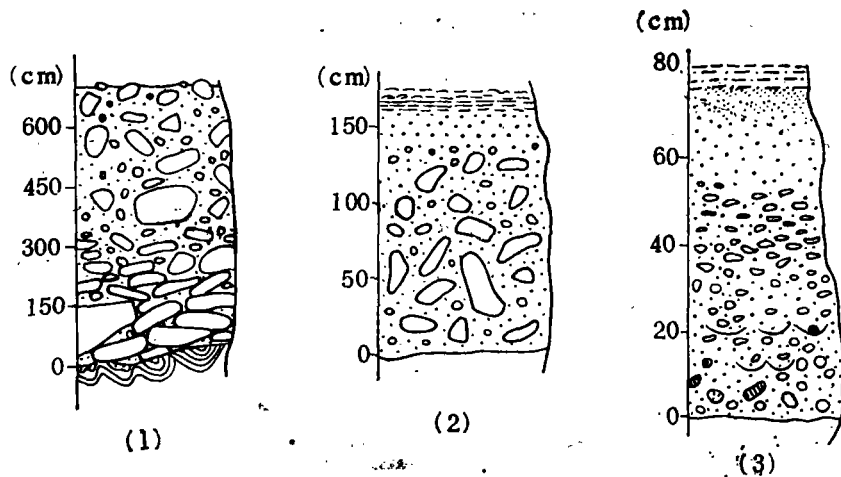
下部为滑动流沉积,砾石主要为斜坡泥晶灰岩破裂物;上部为泥石流沉积,浅水成因的灰岩砾石含量增高。上下两部份连续过渡,厚度比近于1:1(图3)。

这种组合层序说明滑动流是介于滑塌与泥石流之间的一种重力流。碳酸盐滑动流-泥石流组合层序沉积物主要分布在靠近台地边缘陡坡之下坡度变缓带。它们的砾径分布在罗辛概率图上显示为一个或两个直线段(图4),直接反映了这些砾石起源于台地边缘斜坡的滑坡、滑塌物的破碎。

#### (2) 碳酸盐泥石流-浊流组合层序

层序下部为泥石流沉积。往上砾径逐渐减小,颗粒含量增加,过渡为由砂级颗粒显示鲍玛序列的浊流沉积。上下两部份厚度之比约为1:5(图3)。

该组合沉积物中的砾石,深水成因的占70%左右。这反映它们在深水斜坡区经历了



- (1) 角砾流-泥石流组合层序(边阳剖面20层)  
 (2) 泥石流-浊流组合层序(惠水剖面24层)  
 (3) 颗粒流-浊流组合层序(紫云马城桥剖面2层)

图3 碳酸盐重力流沉积组合层序

Fig. 3 Composite sedimentary sequence of the carbonate gravity flows

较长距离的流动。它们通常沉积在下斜坡相区。

### (3) 碳酸盐颗粒流-浊流组合层序

层序下部为具盘状构造、泄水管构造的颗粒流沉积，上部为具鲍玛序列的浊流沉积。上下两部分的比约为1:2(图3)。它们连续过渡，填隙物在下部为亮晶胶结物，向上渐变为灰泥或火山尘基质。

颗粒流-浊流沉积组合层序常出现在下斜坡和斜坡坡足带。

## 2. 复合组合层序类型

区内发育两种碳酸盐重力流复合组合沉积。一种是碳酸盐滑动流-泥石流-浊流组合沉积，在纵向上它们是连续过渡的(图版I, 8)。

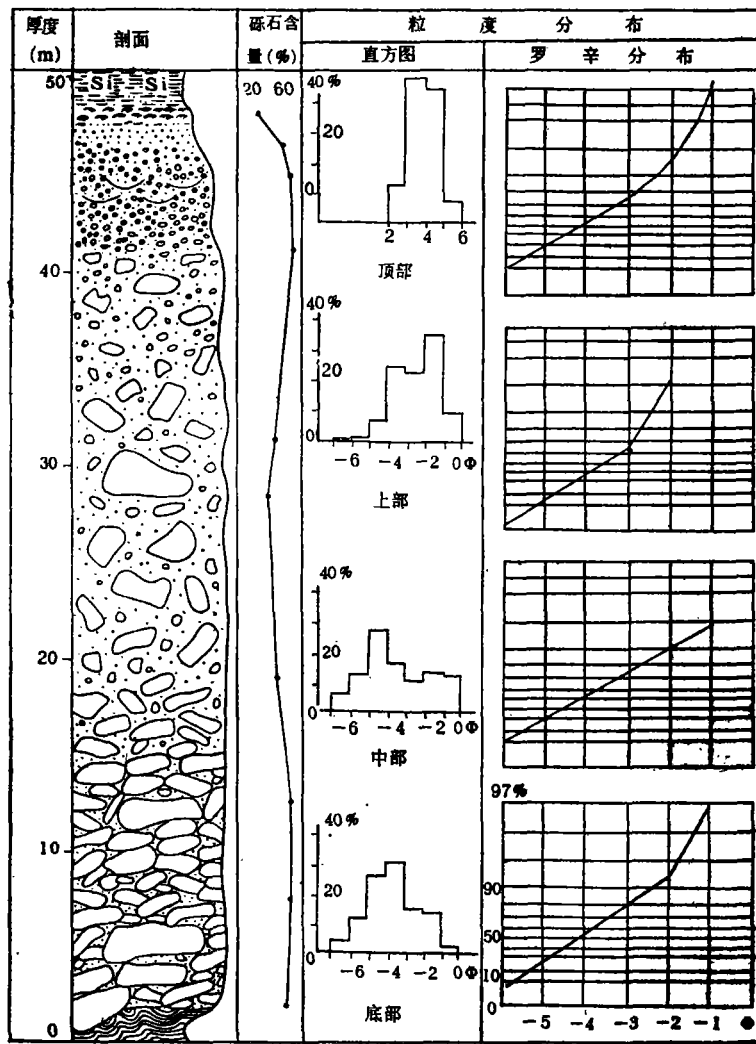
另一种是碳酸盐滑动流-泥石流-颗粒流-浊流复合层序。以贵州紫云县新民公社下三叠统剖面第20层最为壮观(图4)。其下伏岩层为深水沉积的薄层硅质泥岩、含泥质泥晶灰岩，具牵引滑移褶曲，岩层被重力流截切，幅度大于3米。

层序下部约16米厚的角砾灰岩为滑动流沉积。砾石主要是深水成因的，也含少量浅水成因的大砾石，砾径可达3米以上。碎屑支撑，具明显的定向组构。

中部约26米厚的砾屑灰岩为泥石流沉积物。砾石中浅水成因者比重增加，基质支撑，杂乱组构。

上部约3米厚的亮晶细砾屑灰岩为颗粒流沉积。砾屑分选、磨圆较好。具盘状泄水构造。

顶部4米多砂屑灰岩、含钙屑沉凝灰岩，为浊流沉积，具完整鲍玛序列。沉凝灰岩中含硅质放射虫化石(图版I, 2)。



(紫云新民剖面20层)

图4 碳酸盐滑动流-泥石流-颗粒流-浊流沉积复合层序

Fig. 4 Complex sedimentary sequence of the carbonate slipping-debris-grain-turbidity flows

整个复合层序由下往上为连续沉积。它反映了一次重力流的形成、演化的全过程。可以推断它起源于碳酸盐台地边棱一次巨大的滑塌事件。在斜坡上经长距离流动后，沉积在下斜坡坡足带。

### 三、重力流的演化与沉积环境

重力流沉积组合层序的特征表明：在沉积物重力流流动过程中，同时有几种流动支撑机制存在，它们在不同的流动阶段或部位分别起主导作用。A·M·约翰逊(1970)提

出了一个能很好解释陆上滑坡体、泥石流的许多特征的库伦粘性模式〔2〕:

$$|\delta_s| = C + \delta_n \tan \phi + \eta_c \bar{\epsilon}_s$$

式中 $\delta_s$ 为流动的总剪切应力;  $C$ 是内聚强度, 反映基质强度性质;  $\delta_n$ 是正压力即分散应力,  $\phi$ 是内摩擦角,  $\delta_n \tan \phi$ 即是摩擦强度, 反映了流体中悬浮颗粒的相互作用;  $\eta_c$ 是流体的粘性阻力,  $\bar{\epsilon}$ 即 $\frac{d\epsilon_s}{dt}$ , 剪切应变,  $\eta_c \bar{\epsilon}_s$ 反映了流体的粘性特征。

显然, 该模式实质上是将基质强度、分散应力及湍动特性这三种不同的重力流流动支撑机制简单地叠加在一起。参照A·M·约翰逊的这个模式, 对重力流沉积物的组合层序所反映的流动过程作简要分析, 将有助于了解与重力流流动演化过程密切相关的沉积环境。

区内碳酸盐重力流从形成、发展到沉积, 整个演化过程可大致归纳为三个阶段。

### 1. 起动阶段

主要是发生在台地边棱和斜坡带的重力滑坡、滑塌作用。由于高的沉积速率和深大断裂活动, 这些地方的沉积物处于亚稳定状态。在某些突然事件的触发下造成滑坡、滑塌, 成为形成沉积物重力流的基础。

### 2. 低速流动阶段

当滑坡、滑塌形成的碎屑物的惯性力和重力的下滑分力大于流动阻力时, 碎屑物将继续向斜坡下方运动形成沉积物重力流。灰泥含量很低时, 它仅在砾间起“润滑剂”的作用, 形成以滑动流为特征的块体流。当灰泥含量足够高时则形成泥石流。由于灰泥基质通常是高粘性的, 所以它们不能象浊流那样高速流动。在有利的坡度和介质条件下, 它们可以流动很远的距离, 并具有很强的侵蚀能力, 尤其是泥石流。在坡度变缓处, 它们“冻结”、沉积。而当坡度增加, 流速变大, 清水大量掺入后, 则将转化为浊流或颗粒流。

### 3. 高速流动阶段

高速运动的沉积物流主要是颗粒流和浊流。就它们的流动支撑机制而言, 只有在高速流动条件下才能形成和保持。故较陡、较长的水下斜坡是形成碳酸盐颗粒流、浊流的必要条件。

区内重力流沉积组合层序说明斜坡带的颗粒流、浊流大多由低速流动的重力流演化而来, 而不是直接源于不稳定堆积的砂级细砾级沉积物。在A·M·约翰逊的库伦粘性模式中, 当等号右端第一项 $C$ 起主导作用时, 沉积物流属于低速流动类。当大量水体掺入使 $C$ 、 $\eta_c \bar{\epsilon}_s$ 两项降低时,  $\delta_n \tan \phi$ 起主导作用, 悬浮碎屑转化为以粒间碰撞为主要流动支撑机制的颗粒流。而当 $C$ 及 $\delta_n \tan \phi$ 两项都很低时, 则形成以 $\eta_c \bar{\epsilon}_s$ 起主导作用的浊流流动。

在坡度变缓后, 颗粒流将很快沉积下来, 而浊流则可以继续流动, 以至进入深水盆地沉积。在浊流之上的“披载运流体”形成的低密度浊流将作为灾变事件的余波, 与其它的细粒物质一道在斜坡上缓慢流动、沉积。

碳酸盐大陆斜坡的存在是形成碳酸盐重力流的必要条件。由于物源沿斜坡走向呈线状展布, 故各种呈舌状、席状产出的重力流沉积物沿斜坡坡足形成岩屑裙边, 成为古斜

坡的明显识别标志。重力流的演化与环境密切相关,因此可依据重力流粗碎屑沉积物的各种特征对古斜坡环境进行详细研究。区内的早三叠世斜坡是一个阶状展布的不具生物礁的缓坡型碳酸盐大陆沉积边缘,其沉积模式如图5。

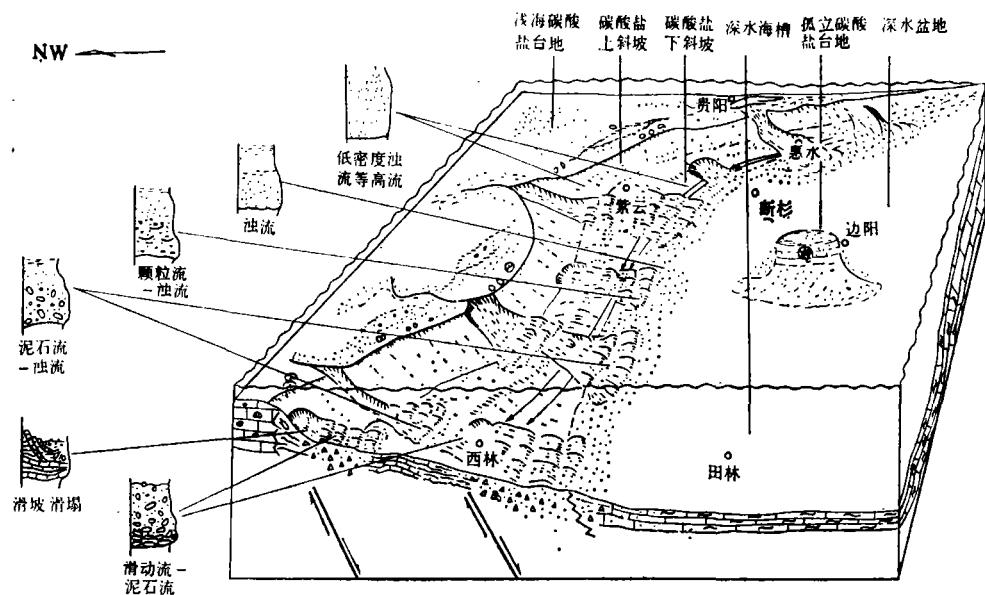


图5 黔南桂西早三叠世奥伦尼克期碳酸盐大陆斜坡沉积模式

Fig. 5 General sedimentary model of the carbonate continental slope in the Early Triassic in Southern Guizhou and Western Guangxi

在收集资料及编写本文过程中得到西南石油学院侯方浩、洪庆玉两位副教授的指导,贵州区测大队、第八石油普查大队、滇黔桂石油指挥部地质研究所、贵州石油指挥部、西南石油学院碳酸盐研究室、岩矿教研室、普地教研室和成都地质学院的许多老师和同志的大力支持与热情帮助,在此一并表示诚挚的感谢。

收稿日期 1984年6月21日

#### 参 考 文 献

- [1] 王一刚, 1984年, 石油实验地质, 第6卷, 第1期, 18—23页。
- [2] 约翰逊·A·H, 1970, 张之立等译, 1983, 地质学中的物理过程, 科学出版社。
- [3] 赖内克 H·E, 辛格·I·B, 1979, 陈昌明等译, 陆源碎屑沉积环境, 石油工业出版社。
- [4] Middleton, G. V. and Hamnton, M. A., 1973, Turbidites and Deep Water Sedimentation, 1—38, SEMP Pacific Section Short Course



## SEDIMENTARY CHARACTERISTICS OF CARBONATE GRAVITY FLOWS ON THE CONTINENTAL SLOPE OF THE EARLY TRIASSIC IN SOUTHERN GUIZHOU AND WESTERN GUANGXI

Wang Yigang

(Research Institute of Sichuan Petroleum Geological Exploration and Development)

### Abstract

In Early Triassic sea area in Southern Guizhou and Western Guangxi, there existed a carbonate sedimentary pattern of continental slope without bioherm, which was about 400 km long, 25-70 km wide and roughly spread with a "S" pattern from north-east to south-west.

There was a shallow carbonate platform near the north of the slope, a deep-water basin near the south of the slope. On the slope, a variety of carbonate conglomerates, breccias deposited by gravity flow well-developed and interbedded with dark thin-bedded micrites and mudstones, making a indication of notable facies of the ancient carbonate slope.

According to the flowing and supporting mechanism reflected by the sedimentary textures and structures of the carbonate gravity flow sediments, the gravity flow can be broadly divided into five types: low-density turbidites, high-density turbidites, grain flow, debris flow and slipping flow. Of them, the term slipping flow is a new type of the sedimentary gravity flow suggested by the author on the basis of Middleton, G.V. and Hampton, M.A. classification. Its flowing and supporting mechanism is that many gravels slip along a lot of the non-continue shear planes down the slope owing to "lubrication and reducing resistance" effects of the small amount of calcareous mud matrices between the gravels and form a massive flow. It is different from debris flow and grain flow, but the sedimentary character of this gravity sediment is between slide or slump sediments and debris sediments.

It is very interesting that the gravity sediments on the slope presented regularly in different sequences of combination. Some simple ones such as the carbonate slipping-debris flow, the carbonate debris-turbidity flow, the carbonate grain-turbidity flow, and some complex ones such as the carbonate slipping-debris-turbidity flow and the carbonate slipping-debris-grain-turbidity flow are commonly seen. In those sequences of combination, the different types of the gravity flow sediments conti-

uously deposited and gradually changed.

It shows that in the flowing course of the gravity flow, each flowing and supporting mechanism could regularly evolve with the change of sedimentary environment. On the basis of the analysis of the combination sequences of the gravity flow sediments and the field observation for the occurrence. The formation and evolution of the gravity flows in the slope region can be divided into three stages, i.e. (1) the primary flow stage, in which slide and slump sediments were formed, (2) low-velocity flow stage, in which slipping and debris sediments were formed on the upper part of the slope, (3) high-velocity flow stage in which high density grain and turbidite sediments and their combination sequences were formed on the lower part of the slope zone or the foot of the slope zone.

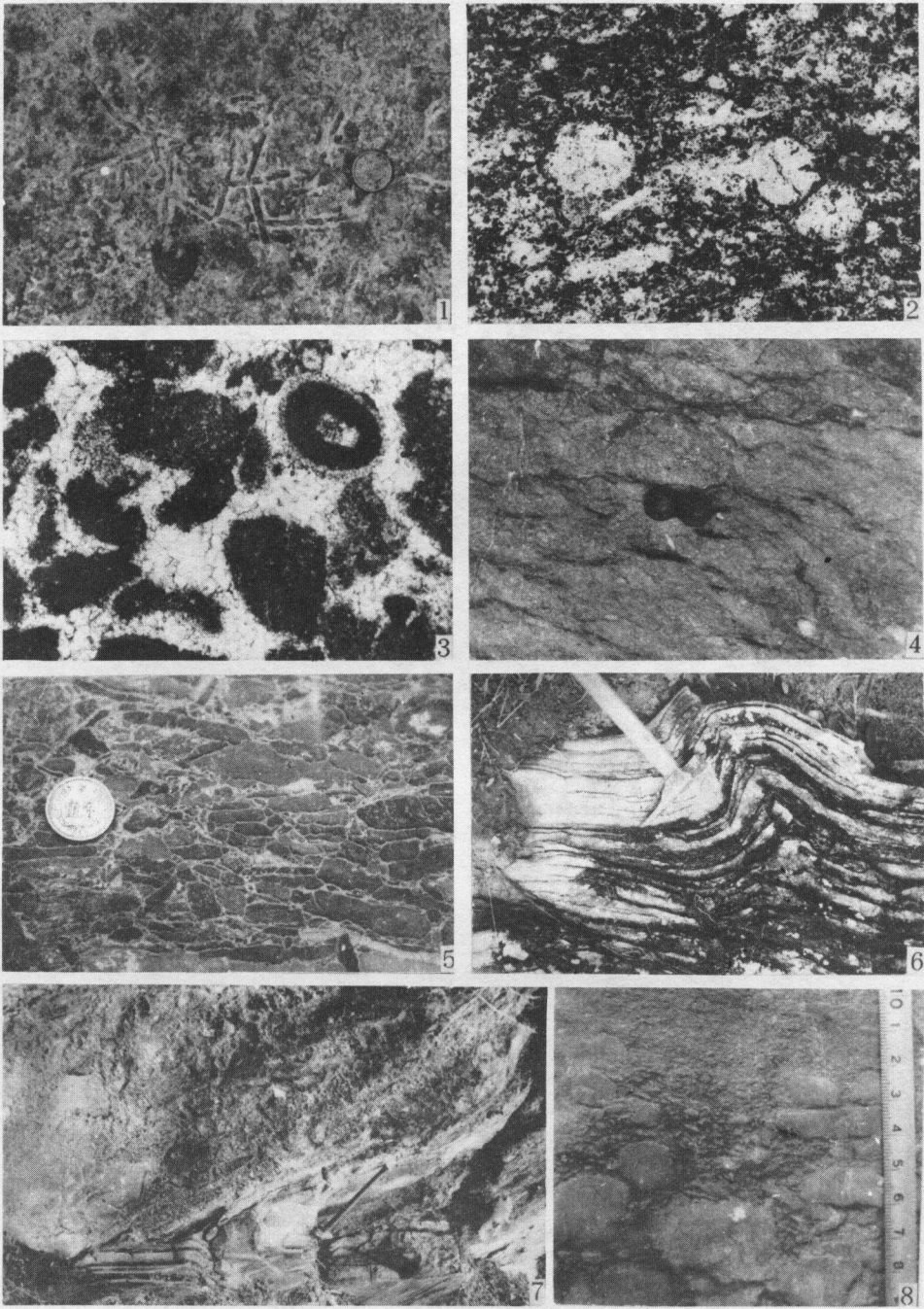
The distribution of the gravity flow was controlled by the linear material source on the carbonate platform fringe, so that the gravity flow sediments spread along the trend of the slope and formed a debris apron around the continental slope. The carbonate gravity flow sediments showed the regular combinations from top to bottom. Therefore, according to the sedimentary character of the gravity sediments, the ancient slope can be studied in details.

---

## D/Max-III B型X射线衍射仪热忱为科研, 生产单位服务

我所D/wax-III型X射线衍射仪, 已安装调试完, 此机全部操作及数据处理过程均由微机控制进行, 并附有高温衍射、聚焦相机等多种附件。能对岩石及矿物样品作定性及定量分析, 其他样品的测定亦可商议。热忱欢迎各科研, 生产单位来样分析, 来样分析按要求保证质量, 收费合理。来人来函联系均可。

中国科学院兰州地质研究所X-衍射分析室



1. 上斜坡相区谷足T<sub>1</sub>剖面下部遗迹化石。2. 含钙质生屑、硅质放射虫尘屑凝灰岩。罗甸T<sub>1</sub>第10层。正文×55。 3. 颗粒流成因的亮晶细砾-砂屑灰岩，粒间由亮晶方解石胶结。紫云T<sub>1</sub>16层。单偏光×25。 4. 颗粒流沉积物中的盘状泄水构造。紫云T<sub>1</sub>16层。 5. 滑动流沉积物中的砾石定向组构。紫云T<sub>1</sub>。 6. 滑动流沉积物之下的薄层泥晶灰岩中的牵引褶曲。罗甸T<sub>1</sub>20层。 7. 滑动流沉积物底部的截切构造。罗甸T<sub>1</sub>20层。 8. 滑动流-泥石流-浊流沉积物复合层序。罗甸T<sub>1</sub>。