

文章编号 :1000-0550(2002)01-0020-05

# 一种特殊瘤状灰岩的成因研究

董兆雄<sup>1</sup> 朱晓惠<sup>2</sup> 侯方浩<sup>1</sup> 方少仙<sup>1</sup> 吴 诒<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>西南石油学院 四川南充 637001)

(<sup>2</sup>四川石油管理局川南矿区 四川泸州 646001)(<sup>3</sup>广西地质研究所 南宁 530023)

**摘要** 关于瘤状灰岩的成因主要有三种观点,其中一种认为与碳酸盐结核有关,另一种则认为是差异压实所为,再一种则认为是同沉积作用形成。然而,广西德保县都安下泥盆统达莲塘组发育的一种特殊的瘤状灰岩却因其产状貌似通常意义的砾状灰岩而使得人们将其误认为砾状灰岩。作者通过对这套“砾状灰岩”的沉积岩石学、生物化石、古构造等特征的研究,发现该“砾状灰岩”既不是沉积作用形成,也非同沉积构造作用形成,而是首先在闭塞的台内洼槽环境中形成同生和成岩碳酸盐结核,然后差异压实作用导致地层表面强烈地凹凸不平或地层整体的不均匀性(致使强度降低),最后在印支期的穹隆形成过程中由于翼部的剪切、弯滑、弯流作用,致使结核发生转动、移动而形成今天所见的“砾状灰岩”。因此都安“砾状灰岩”实为瘤状灰岩,它代表的是闭塞、贫氧的(台内洼槽)沉积—成岩环境,是沉积成岩和构造等多种因素共同作用的产物。

**关键词** 瘤状灰岩 砾状灰岩 成因 碳酸盐结核 差异压实 褶皱作用 广西德保都安

**第一作者简介** 董兆雄 男 1954 年出生 副教授 沉积学与储层地质学

**中图分类号** P588.24<sup>+</sup>5 **文献标识码** A

## 1 前言

瘤状灰岩是较为常见的一类碳酸盐岩,古生代至中生代的碳酸盐岩地层中都不同程度地发育,如我国华北地台的上寒武统、下奥陶统,南方的滇、黔、桂地区的泥盆系等等都有瘤状灰岩发育,其中尤以滇、黔、桂地区的泥盆系者最为典型。由于瘤状灰岩的广泛发育,因而其成因受到了沉积学界的广泛关注,同时也有诸如碳酸盐结核、差异压实<sup>[1]</sup>、沉积角砾、结核+差异压实、结核+差异压实+构造作用等多种解释。由此可见,关于瘤状灰岩的成因在一定程度上影响着对沉积环境的正确认识。本文将介绍广西德保县都安乡龙林水库剖面下泥盆统达莲塘组的台内洼槽亚相地层中发育的一套瘤状灰岩的形态、沉积岩石学、古生物学及构造地质学等几方面的特征,并讨论其成因及其与环境的关系。由于这套瘤状灰岩的产状特殊,因此也有人将其称为砾状灰岩,以下暂将其称为“砾状灰岩”。

## 2 “砾状灰岩”的岩石学特征

### 2.1 “砾状灰岩”的分布与“砾屑”的内部构造、形态、及排列特征

都安下泥盆统达莲塘组下部为 25 m 的厚层状细晶白云岩,中部为“砾状灰岩”(厚约 17 m),上部为薄—中层状颗粒泥晶灰岩。野外观察发现“砾状灰岩”中

“砾屑”的形态一般较规则,并大致可将其分为三种类型:Ⅰ、近球形或卵圆形(图版 I-1),Ⅱ、扁透镜状(图版 I-2、5),Ⅲ、近菱形或似平行四边形(图版 I-3、4)等。Ⅰ类主要分布于这套“砾状灰岩”的下部,Ⅱ类多见于上部,Ⅲ类分布于中部。“砾屑”大小悬殊,最大者可达 1 m 左右。Ⅰ类“砾屑”通常较小,一般小于 30 cm;Ⅲ类“砾屑”一般较大,长轴可大于 1 m,短轴可达 30 cm 左右;Ⅱ类“砾屑”的大小介于Ⅰ、Ⅲ类之间,其长轴以 40~60 cm 不等。

按“砾屑”的内部构造则可分为三类:A.均匀块状构造的“砾屑”(图版 I-1、3、4),B.发育(水平)纹层理的“砾屑”(图版 I-2、5),C.发育同心环的“砾屑”(图版 I-6)。

“砾屑”的排列与分布具有明显的规律性。剖面观察发现,“砾状灰岩”中“砾屑”主要有三种排列方式,即哑铃状—叠瓦状、层状与杂乱状。其中呈哑铃状—叠瓦状排列的“砾屑”见于“砾状灰岩”层的中部,并且“砾屑”的产状大致与地层倾向(215°~270°)一致(图版 I-3、4),层状者则发育于上部及剖面以东数百米以及三叉河等处。“砾屑”的分布在纵向上有如下的变化规律:①砾屑的含量自下而上减少,下部“砾屑”含量达 60~70% 或更高,中、上部砾屑含量减至不到 30% 或更少;②不同类型的砾屑产出的层位各异,下部以Ⅰ类“砾屑”为主,有时在其砾间可有少量Ⅱ类“砾屑”;中上

部以 II、III 类“砾屑”为主;③砾屑的砾径有向上变大的趋势,形态则由近球形或卵圆形向上逐渐地变为似平行四边形及凸透镜形;④自下而上“砾屑”由下部的杂乱“堆积”过渡为中上部的哑铃状—叠瓦状和层状排列(图版 I-3、4);⑤上部的一些 II 类“砾屑”上发育有斜“V”字形张节理,其节理的产状与哑铃状—叠瓦状“砾屑”及地层倾向基本一致。

## 2.2 “砾屑”与砾间填隙物—围岩的成分相近且被围岩包绕

围岩主要为深灰色纹层状—薄层状生物粒泥岩或泥粒岩、灰泥岩及硅质岩。粒泥岩或泥粒岩、灰泥岩单层厚仅几毫米—几厘米不等,层系最大厚度可达 10 cm 以上。灰岩中颗粒多在 30% 以上,主要为营漂浮生活的竹节石和游泳生活的菊石,此外有少量壳薄体小的介形虫,几乎不见正常底栖生物。竹节石顺层分布、最高含量可达 20%,主要有塔节石(*Nowakia*)、光壳节石(*Styliolina*),少量竹节石(*Tentaculitida*),一般保存完好。硅质岩单层厚一般在 1~4 cm 间,含有 0~20% 不等的竹节石。

“砾屑”的成分主要为深灰色含生物粒泥岩及少量的含竹节石硅质岩。“砾屑”中的生物组合与围岩基本一致,只是含量较低(约 10% 左右)。“砾屑”与围岩成分基本一致说明了“砾屑”是原地的产物。

电子探针分析显示“砾屑”与填隙物—围岩的化学成分也基本一致(表 1)。主要微量元素的含量与下伏白云岩的也很接近。

表 1 砾屑与围岩的化学成分  
(电子探针分析数据)\*

Table 1 the chemical composition of lime gravels and adjacent rocks (Analysis data of electronic probe)

样品 类型	化学成分 (WT%)						
	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	FeO	MnO	SrO
砾屑	0.000	0.000	55.33	0.515	0.382	0.044	0.093
填隙物	0.000	0.000	55.78	0.201	0.129	0.066	0.065
白云岩	0.030	0.0241	30.41	21.64	0.035	0.013	0.000

\*表中含量数据补助不足 100% 的部分为 C<sub>2</sub>O 含量

填隙物—围岩在“砾状灰岩”中,多呈纹层—薄层状(半)包绕“砾屑”(图版 I-2、3、4),在孤立的哑铃状、叠瓦状“砾屑”上下两端的围岩层,以及两“砾屑”间(相当哑铃手柄段)的薄—纹层状围岩被拉(压)断或被“切断”而尖灭或呈喇叭状(半)包绕“砾屑”的现象(图版 I-3、4 图 2)。但总体看来围岩在横向上仍具明显的成层性。此外,具有内部层理的“砾屑”其层理与围岩纹层理连续(图版 I-2、5)。

## 3 砾状灰岩的成因

都安“砾状灰岩”的成因众说纷坛,概括起来有三

种:①沉积期内由岩崩或滑塌作用或同沉积构造作用形成;②差异压实作用形成;③碳酸盐结核等等。作者据野外及室内研究发现,这套“砾状灰岩”并非单一作用形成,它是沉积、成岩和构造等多因素共同作用的产物。

3.1 古生物及岩石学特征表明都安“砾状灰岩”不是由岩崩、滑塌或同沉积断裂作用形成

侯方浩教授指出:“岩崩巨角砾岩和滑塌角砾岩……角砾来自台缘礁、粘结岩或浅水固结的砂、生屑颗粒岩,也可有来自上斜坡的块状或半固结的薄层状的粉生屑泥粒岩,后者成长板条状,并常有滑塌变形<sup>[2]</sup>。换言之,作为岩崩角砾灰岩、滑塌角砾灰岩,由于其物源是浅水高能环境的碳酸盐沉积物(岩)及生物礁,则应具有:①来自高能条件下形成的岩石角砾、浅水相的生物化石或造礁生物化石;②层内发育滑动或滑塌变形构造。H. G. 里丁描述岩屑流(泥石流)沉积的特征是“沉积物内部无构造,碎屑分选差,粒级范围从粗砂到巨砾,它们成基质支撑的格架;…组构混乱<sup>[3]</sup>。比较都安“砾状灰岩”的岩石学古生物特征发现:①其中的“砾屑”都是与围岩基本相同的(含)生物粒泥岩或灰泥岩,没有来自台缘浅水高能环境下形成的颗粒岩类及生物礁灰岩类;②“砾屑”中所含生物化石几乎全为营浮游或游泳生活的竹节石、菊石类,而无正常海洋底栖生物,尤其是没有台缘浅水生物及造礁生物;③不见有滑塌(滑动)变形构造;④砾径几乎全都在粗砾以上,基本不含中砾及其以下的颗粒,而且“砾屑”形态规则,一般都呈浑圆状,且多数排列有序。显然不是沉积形成的。端木合顺在研究陕西凤县—山阳泥盆系同沉积断裂砾岩时发现其具有受热水影响并且在空间上与热水沉积体关系密切的特征<sup>[4]</sup>。然而表 1 的电子探针分析数据也显示“砾屑”与填隙物和围岩的微量元素成分基本一致。再则都安一带早泥盆世未见有相关的热热水沉积体发育。通过上述砾状灰岩的特征对比可见,都安“砾状灰岩”根本不具有岩崩角砾灰岩、滑塌角砾灰岩、岩屑流角砾灰岩以及同沉积断裂砾岩的特征,因此不是由水下的岩崩、滑塌或同沉积断裂作用形成的。

都安“砾状灰岩”中含有少量的硅质岩“砾屑”,其形态呈球状、黄瓜状,前者直径小于 10 cm,横向上有连续分布的趋势,所含生物与灰岩“砾”相同为竹节石类。沉积学研究认为,薄层状硅质岩形成于深海或较闭塞的环境,而台地石灰岩中的隧石条带、结核等,则是成岩过程中形成的。结合硅质岩“砾屑”的特征与硅质岩成因考虑,都安硅质岩“砾屑”决不会是来自台地石灰岩中的隧石条带或结核,它们只能是原地生成

的薄层状硅质岩经后期改造而成的。

### 3.2 结核的生成是都安“砾状灰岩”形成的物质基础

A 同生期碳酸盐结核的生成 桂西南地区自早泥盆世埃姆斯期开始拉张或裂隙,这时都安一带也开始逐渐地在陆棚台地上形成洼槽。沉积岩石学及古生物学研究发现,这一时期沉积了(含)竹节石粒泥岩,少量的硅质岩等;主要的生物为营漂浮的塔节石(*Nowakia*)、光壳竹节石(*Styliolina*),和少量游泳生活的菊石,基本不见底栖生物化石,这说明当时水体不适宜正常的底栖生物生活。鲜思远等认为,竹节石的这种组合(*Styliolina-Nowakia*)反映的是一种贫氧环境<sup>[5]</sup>。在贫氧环境中,生物死亡后沉积下来的有机体不致被迅速氧化或被其它生物吞食,而是在厌氧细菌作用下分解,放出氨,造成局部的强碱性介质,使得饱和碳酸盐的孔隙水溶液在该处进行沉淀形成结核<sup>[6]</sup>。由前述“砾屑”组分可知,其中竹节石等类生物的化石含量可达10%左右,如此之多的生物有机体存在,必将在较长的一段时期内维持较强碱性环境,这对于大量同生结核的形成极为有利。区域上,广西那坡县三叉河的下一中泥盆统、南丹罗富中泥盆统、桂林杨堤中泥盆统等都发育有大量内部为块状构造的扁平透镜状、或球状碳酸盐结核。

B 成岩结核的形成 通常认为,层理可延续到围岩中的结核是成岩期形成的,也叫成岩结核。在广西都安台内洼槽以及其它类似的滞留盆地中,当贫氧的沉积环境进入成岩阶段后,由于孔隙水既无法与海水交换又无其它富氧物质加入,这时的环境仍然还原闭塞,厌氧细菌对生物有机体的分解也将使得环境呈强碱性,从而导致成岩阶段结核形成。N. K. Moller 在研究挪威奥斯陆地区奥陶系和志留系结核状灰岩时,也认为在较深水的平静环境下的沉积物,在成岩过程中进一步发育成了结核状灰岩<sup>[7]</sup>。

### 3.3 构造作用把结核改造成砾状灰岩

整个海西期内,构造运动性质是以拉张为主,并产生了大量的正断层,所以,在这期间基本没有褶皱发育。到了早—中三叠世后的印支运动第一幕,广西开始大规模地褶皱回返,形成了许多的线状褶皱及一系列的逆断层,德保和钦甲一带则发育穹隆。虽然德保穹隆的形成机理还不完全清楚,但据钦甲穹隆与德保穹隆的空间关系推断,二者的形成机理相同,即与印支期花岗岩( $\gamma_3$ )的顶托有关。都安泥盆系剖面大致位于德保穹隆的西翼,在穹隆形成过程中,必然会受横弯褶皱作用的影响。

横弯褶皱作用使结核转动、移动变成砾屑或使透镜状结核产生斜“V”字型节理:

A 弯流作用导致砾屑杂乱堆积:下部“砾状灰岩”中“砾屑”成无规则杂乱堆积(图版 I-1)是弯流褶皱作用的结果。如所周知,岩层受到和层面垂直的外力作用而发生褶皱时被称为横弯褶皱作用。在这个过程中,上伏地层相对向下运动,下覆地层相对向上运动,并伴随着在翼部产生弯滑和弯流作用(图1)。弯流作用是指当岩层弯曲变形时,不仅发生层间滑动,而且某些层内部还可能出现物质流动的现象。弯流褶皱作用大都发生于脆性岩层间的塑性岩层。都安剖面达莲塘组底—下部为厚层的细晶白云岩,中部为“砾状灰岩”,其上是一大套中层状灰岩。相比之下,“砾状灰岩”形成之前的原始层,由于有大量的结核,并经过上覆沉积层或岩层强烈的差异压实,必然导致其极大的不均匀性,使之整体的强度或刚性大大降低,表现为相对塑性。当其遭受后期强烈的弯流褶皱作用时,大量的结核在上下岩层相对运动的剪切作用下,势必会与围岩分离,尽而发生“塑性流动”和转动(图1、2),从而形成今天所见的下部杂乱堆积“砾状灰岩”。

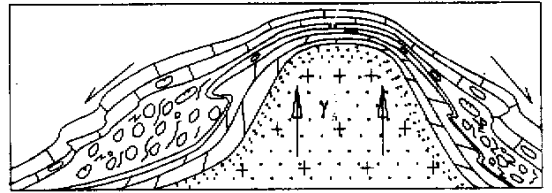
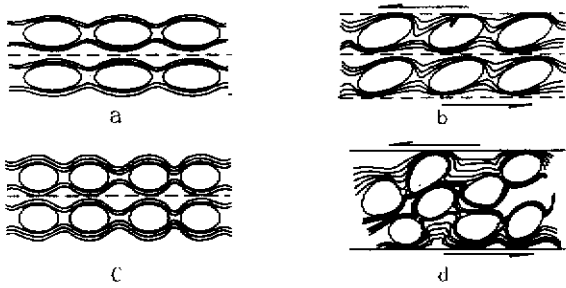


图1 印支期的横弯褶皱作用使结核层发生塑性变形  
Fig.1 The plastic deformation of the nodular beds was due to the cross-buckle folding in Indo-Chinese epoch

B. 剪切作用导致结核变成呈叠瓦状排列“砾屑”,并产生“V”字形张节理:野外观察还发现,中部“砾状灰岩”的“砾屑”一般呈扁平的透镜状或似平行四边形状,成层性好于下部,层间往往发育薄—中层状的灰岩及薄层状硅质岩(图版 I-3、4),反映了原始层中,结核数量少,经差异压实作用后,结核突出,围岩压缩,致使其层面极度地粗糙(凹凸不平),层间的“摩擦”阻力增大。在这两个因素的影响下,中部原始层在穹隆形成过程中,不再象下部原始层那样表现为受弯流褶皱作用改造为主,而是弯滑作用使结核发生一定量的转动或在剪切应力作用下破裂,产生斜“V”字形张节理(图1、2)。导致结核在剪切应力作用下破裂的因素可能与结核的形态有关。经对比研究发现,“V”字形张节理都发育于II类“砾屑”(结核)上,而这些结核的长轴与短轴之比往往都较大(2:1左右),这样长的结核要在剪切应力作用下发生转动是很困难的,相反,却容易产生张节理。另外,对比张节理与哑铃、叠瓦状“砾屑”及

地层的产状,三者基本一致,说明其形成于相同的应力条件下。



a. 和 c 分别为含透镜状和近球形或卵形结核的层经压实后变的不均匀和表面凹凸不平; b 和 d 被压实后的结核层再被剪切作用和弯流褶皱作用改造成“砾状灰岩”

图 2 结核与结核层在压实与剪切作用下的变化示意图  
Fig. 2 The sketch map showing the nodulars and nodular deformation due to the compaction and shearing process

上部的“砾屑”一般呈扁平的透镜状,并具有与围岩连续的纹层理(图版 I-2, 5),仅部分发生不大的转动或滑动,成层性好。这类“砾屑”基本保持了成岩结核的特征。由于结核形成于成岩期,结核周围的沉积物也因有一定的胶结而增加了强度,所以差异压实量相对小一些,整体性及强度都较中一下部明显变好,同时结核的长短轴之比较大(可大于 4:1),所以在褶皱作用过程中仅有较小的转动和滑动,而没有发生明显的塑性流动。

综上所述表明,所谓都安“砾状灰岩”不是沉积期内由岩崩、滑塌、斜坡岩屑流作用或同沉积期断裂作用形成。因而,不能将其作为海底陡崖、斜坡以及同生断裂等沉积—构造环境的判别依据。它们是在闭塞还原的沉积、成岩环境中形成碳酸盐结核,然后差异压实作用使这一套碳酸盐(岩)沉积层变的不均匀、凹凸不平,并且整体强度降低,最后在印支期花岗岩岩浆( $\gamma_3$ )顶托形成穹隆的过程中,由横弯褶皱作用使结核转动、移动而形成了今天所见的“砾屑”和“砾状灰岩”。

作者在野外工作期间曾得到邵安红和孙建平二位先生的帮助,在此表示衷心的感谢。

#### 参 考 文 献

- 1 王英华,张秀莲等. 华北地台早古生代碳酸盐岩岩石学[J]. 北京:地质出版社,1988. 7
- 2 侯方浩等. 西南地区上古生界海相碳酸盐岩沉积相模式及其在油气勘探中的应用[M]. 成都:成都科技大学出版社 1991. 9
- 3 H J 里丁著,周明鉴等译. 沉积环境和相[M]. 北京:科学出版社,1985. 471
- 4 端木合顺. 陕西凤县—山阳泥盆系同沉积断裂砾岩[J]. 古地理学报,2000,3:97
- 5 鲜思远. 华南泥盆纪埃姆斯期腕足类、双壳类群落、竹节石生物相及生态地层[J]. 岩相古地理,1992.3:55
- 6 刘宝珺. 沉积岩石学[M]. 北京:地质出版社,1980.75~76
- 7 Moller, N K, Vingan K K. The genesis of nodular limestones in the Ordovician and Silurian of the Oslo Region (Norway) [J]. Sedimentology, 1988, 35:417

## Study on Origin of Special Nodular Limestone

DONG Zhao-xiong<sup>1</sup> ZHU Xiao-hui<sup>2</sup> FANG Shao-xian<sup>1</sup> HOU Fang-hao<sup>1</sup> WU Yi<sup>3</sup>

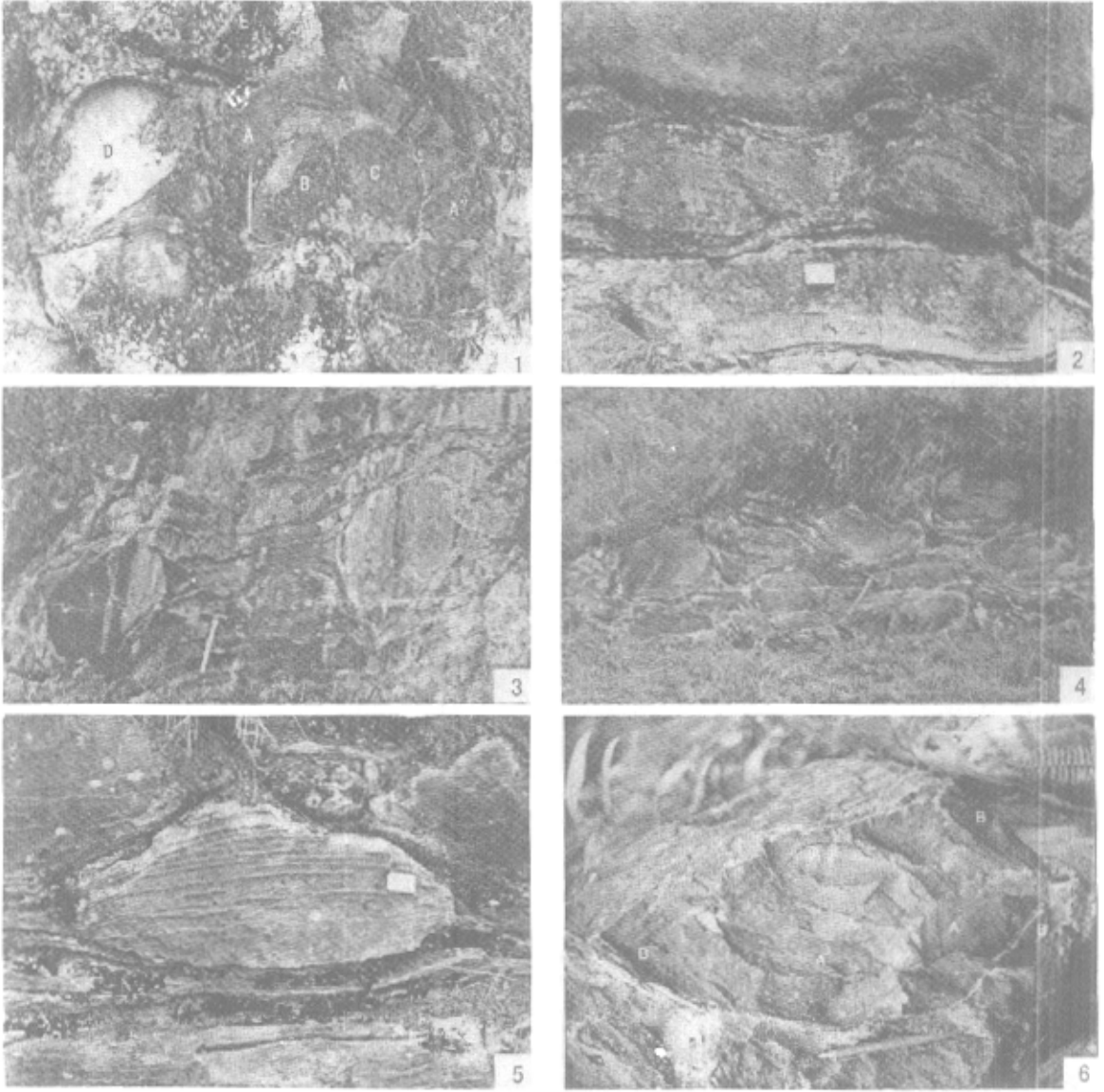
1 (Southwest Petroleum Institute, Nanchong Sichuan 637001)

2 (South Sichuan Mining District of Sichuan Petroleum Administration, Luzhou Sichuan 646001)

3 (Guangxi Institute of Geology and Mineral Resources, Nanning 530023)

**Abstract** There are three interpretations for the cause of formation of nodular limestones. The first interpretation is that they are the beds of carbonate concretions, the second is that they are the result of the differential compaction, and the third is that they are formed by the sedimentation or the synsedimentary faulting. However, in the Da Liang Tang Forming of lower Devonian Series in Du-an, Debao county, Guangxi, a special nodular limestone is mistaken as a rudstone by some people, because the nodular limestone similar to the normal rudstones in its figure and mode of occurrence. The study on its petrology, paleontology, paleostructures, etc., shows that the rudstone is not simply the beds of carbonate concretions, it was formed neither by the differential compaction nor by the sedimentation and synsedimentary faulting, and the fact is that lot of carbonate nodules were first formed in the poor-oxygen, closed fluted facies of shelf platform; then, the differential compaction led to the extremely concave-convex of the bedding surface or the heterogeneity of the beds; finally, the nodules were turned and also transferred by the shearing, flexural slip, flexural flow, process of the limb during forming the dome in the Indo-Chinese epoch, the “rudstone” we see today was produced. Hence, the “rudstone” in Du-an was really the nodular limestone, and it was the result of sedimentation, diagenesis and tectonism, etc., and it also shows a kind of sedimentary-diagenetic environment which was the poor-oxygen and closed fluted of shelf platform.

**Key words** nodular limestone, rudstone carbonate concretion, differential compaction, Du-an, Debao County, Guangxi



图版 I 说明: 1. 下部呈卵圆形的“砾屑”杂乱堆积, 貌似砾状灰岩。其中 A—A'—A'' 为一弯黄瓜形的硅质岩砾屑; B、C、D、E 都为卵圆形的“砾屑”。2. 椭圆形“砾屑”, 明显具有成层性, 横向上可见“砾屑”中的纹层理与围岩连续, 是成岩碳酸盐结核经差异压实作用造成的, 多见于上部。3. 呈哑铃状排列的“砾屑”; “砾屑”不显纹层理。它们是同生结核在差异压实后再由剪切作用使其转动形成的, 见于中部。4. 呈叠瓦状排列的“砾屑”, 特征、分布和形成机理与哑铃状的相同。5. 椭圆形“砾屑”, 有非常清楚的内部纹层理, 这些纹层理在横向上也与围岩连续。为成岩阶段形成的结核。6. “砾屑”中发育一简单的同心环(A处), B为“砾屑”的外边界。见于杂乱堆积的卵圆形“砾屑”层中。