

贵州都匀牛场早泥盆世暗河沉积的 成岩系列及淡水白云石

刘树晖 胡维元 陈炎彬*
(地质矿产部第八普查勘探大队)

都匀牛场早泥盆世暗河沉积,是我们1980年作古油藏综合研究时发现的。两年来对暗河沉积、暗河沉积的成岩、暗河砾石成砾以前的成岩,暗河沉积中的油气等等的研究,不同程度上加深了区域地质的某些认识,这对于探讨古油藏石油的生成、储集、再聚集、保存,以及其它领域中的一些问题都有直接或间接的作用。这里只谈暗河沉积的成岩系列,以及尚属首次发现的交代陆源碎屑形成的淡水白云石。

一、牛场暗河沉积附近地质简况

麻江古背斜是黔中古隆起东南缘的一个次级鼻状构造^[1]。主要由下古生界组成。早寒武世沉积为过渡带碎屑岩、粘土岩,中晚寒武世至中奥陶世主要为台地或台地边缘相碳酸盐岩。早奥陶世红花园期麻江古隆起已初具规模,中奥陶世末期发生都匀运动,古隆起平缓褶皱并隆出水面,遭到强烈剥蚀、夷平和岩溶,发育溶孔、溶洞和溶缝,深度近数百米。早志留世石牛栏期海水开始自四周向麻江古岛侵漫,相继沉积了由近滨滩坝相石英砂岩到过渡带泥页岩,即翁项群($S_{1-2}wn$),显示了一个内陆棚海侵系列。志留纪晚期,背斜附近志留系粘土岩中的有机质已经成熟,同时广西运动又促使背斜再度上隆扩大,从而形成了以志留系砂岩及少量奥陶系碳酸盐岩为储层的麻江古油藏。但隆起幅度过大,除油藏盖层——志留系粘土岩大部受到剥蚀,并波及核部下奥陶统而外,还促使下奥陶统碳酸盐岩的岩溶重新发生和发展,形成溶孔、溶洞、溶缝,直到规模宏大,深入背斜西翼地下深处的都匀牛场暗河(图1),致使整个油藏由外到内遭到了致命的破坏。

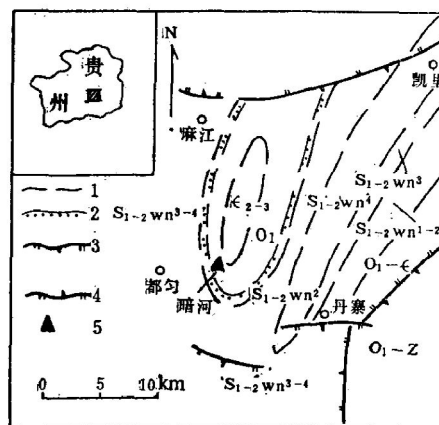


图1 牛场暗河沉积位置及前泥盆纪地质图
(由1980年二分队有关图件略修而成)

1—推测地质界线, 2—微角度不整合界线,
3—正断层, 4—逆断层, 5—牛场暗河沉积位置

* 参加工作的尚有邱运鑫, 邹洪文, 韩世庆, 王守德, 陈荣玉等同志。

二、牛场暗河沉积的成岩系列

暗河沉积见于下奥陶统红花园组 (O_1h) 上部, 上距泥盆系与志留系、志留系与奥陶系两个假整合面分别为 97.7 米和 81.0 米 (图 2), 露出面积 11300 平方米 (图 3), 底板与围岩层理大致平行; 根据恢复的河道垂直切面, 最大宽度 137 米, 最大高度约 30 米。其上 33 米范围内尚有若干叉洞。

围岩由粉-细晶白云岩组成, 晶粒多为它形, 银嵌结构, 透明度差, 有生物碎屑残影, 痕量元素及同位素含量偏高 ($Sr: 67 \text{ ppm}$, $Na: 370 \text{ ppm}$, $\delta^{18}O: -4.68\text{‰}$)。呈层分布, 伸延甚远。常以砂、砾碎屑见于暗河沉积之中, 所以围岩白云石化应在暗河沉积白云石化之先, 而且有着完全不同的机理, 可能是生物碎屑灰岩早期白云石化所成。其中除发育暗河及叉洞外, 尚伴有少量溶孔、溶洞等淡水溶蚀产物, 多以裂隙相通, 充填沥青或燕山期热液碳酸盐矿物的粗大晶体。

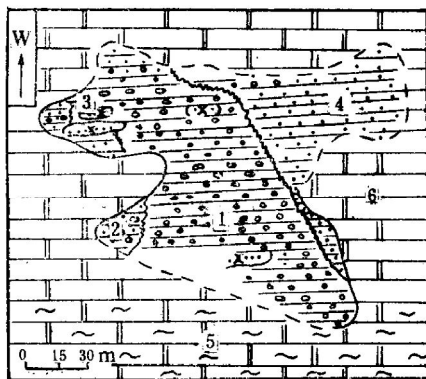
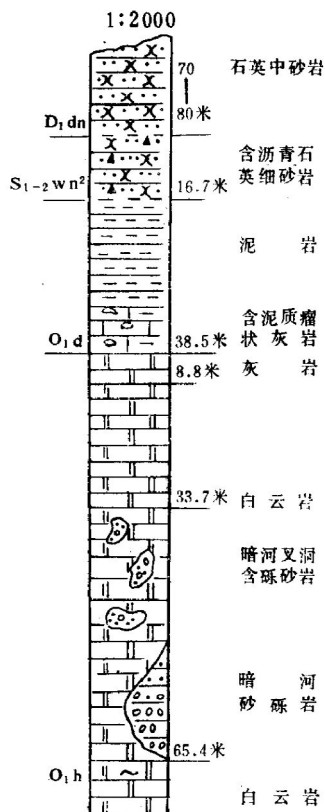


图 3 牛场大老坡暗河沉积平面图

- 1—砾岩
- 2—含砾砂岩
- 3—石英中砂岩
- 4—岩屑砂岩
- 5—泥质层纹白云岩
- 6—白云岩

图 2 牛场大老坡暗河沉积发育层位图

暗河沉积以中粗砾岩为主, 混有细砾石及砂, 分选、磨圆均差; 其次为岩屑砂岩及细砾岩 (图版 I-5, 1), 时含中粗砾石至巨砾石; 最少者为分选、磨圆较好的中粒石英砂岩。暗河沉积的展布, 显示了河流沉积横向粒度分布的特点和垂向相序的演替。据对斜层理及砾石的测定、计算, 暗河水流流向约 265° , 大致垂直背斜的轴向; 平均水深 5.06 米, 一般流速 2 米/秒, 具山区急流特征。由沉积相特征推测, 牛场暗河段离暗河入口处较近。

暗河沉积物中未发现化石。暗河充填物中的外来近源物质, 如粘土岩、泥质粉砂岩

及含沥青石英岩状砂岩等的砂、砾都属暗河顶板以上的下奥陶统大湾组 (O_1d) 及中下志留统翁项群的岩石碎屑。覆于翁项群第二段 ($S_{1-2}wn^2$) 之上的下泥盆统丹林群 (D_1dn) 石英砂岩不仅比翁项群第二段的砂岩抗蚀力强, 而且其总厚及单层厚度也大, 理应形成更多更大的岩石碎屑, 但是, 在暗河沉积物的野外露头 and 薄片仔细观察中均未发现, 亦未发现中、上泥盆统的碳酸盐岩屑。相反, 翁项群第二段含沥青石英岩状砂岩岩屑则十分普遍。因此, 推断暗河充填应发生在志留纪之后, 下泥盆统丹林群沉积之前, 即广西运动期间。考虑到丹林群在区域上并非泥盆系的最低层位, 以及暗河很可能是在广西运动末期麻江古岛开始下沉、总侵蚀基准面上升时完全充填的, 故进一步把暗河充填时间定为早泥盆世。

暗河沉积的成岩后生变化十分强烈, 按先后次序叙述于下(图 4),

1. 淡水白云石化 作用最为强烈, 但随碎屑成分和结构而异, 发生在粘土岩屑压实变形之前, 属海水、淡水混合带的产物(详见后)。白云石化对沉积物的改造和胶结作用, 导致基本硬结成岩。

2. 胶磷矿化 作用较弱, 粒状, 充填孔隙或交代白云石(图版 I-4), 多见于岩屑砂岩中。根据地壳元素丰度的分析统计, 磷的平均含量在页岩中很高, 并多被吸附在粘土鳞片上^[2]。暗河粘土岩屑砂岩多以粘土岩岩屑为主, 白云石化时必然释放出较多的磷, 这可能是后来胶磷矿化的重要原因, 故与洞穴有机磷的形成有所区别。同时实验成果表明, 方解石发生磷酸盐化时其水介质属于饱和方解石的碱性溶液^[2], 与正常海水基本一致。而且磷质结核在现代海洋沉积中也确实广有分布, 并有方解石的磷酸盐化现象^[2]。白云石与方解石的性质相近, 因此暗河沉积的胶磷矿化可以视为海水潜流带的作用。

3. 进油 沥青见于白云石晶粒间, 或呈包体分布于硅质团块中(图版 I-7), 最大含量可达 5%。明显别于围岩中的溶孔、溶洞、裂隙等类型的沥青, 是古油藏破坏之后, 散失沥青在古岛下沉时重新聚集起来的产物。

4. 硅化 强度仅次于白云石化。硅质为隐晶玉髓, 呈结核团块状, 分布不均。交代白云石, 多沥青包体(图版 I-7)。应是成岩晚期深埋环境中形成的。岩屑砂岩硅化最强(图版 I-7), 可能与该岩石含粘土矿物较多, 白云石化时游离出较多二氧化硅有关。

5. 黄铁矿化 比硅化弱, 分布基本同硅化, 呈结晶粒状或斑块状交代硅质、白云

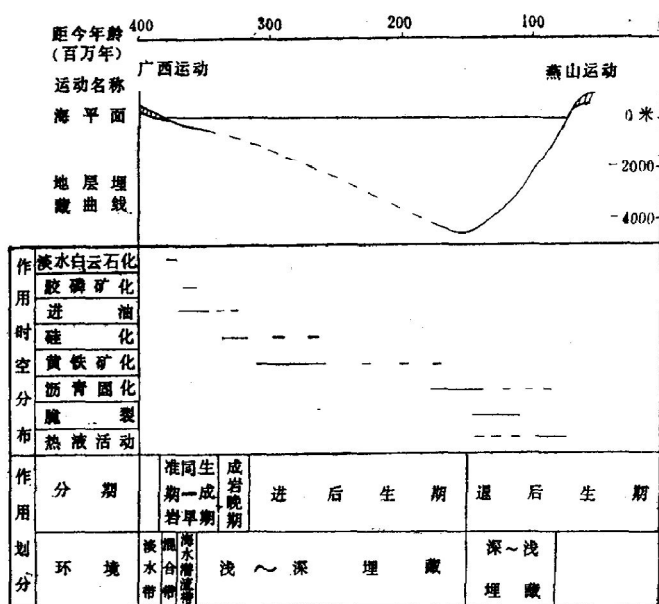


图 4 牛场大老坡红花园组中暗河沉积物的

成岩后生作用演替图

石(图版 I-3)。与沥青存在有一定关系,形成于后生期强还原的深埋环境。

6. 低温热液活动 白云石、方解石、重晶石及硅质依次沉淀于溶孔、溶洞和裂隙中,形成晶洞、团块或脉,切割硅质结核及黄铁矿团块。碳酸盐矿物晶粒特大, Ba、Sr 含量极高(>20000 ppm, 200 ppm), $\delta^{18}\text{O}$ 含量极低(-12.98%),与围岩白云石和暗河沉积白云石可以判然分开。据区域资料可知,属燕山期低温热液活动产物。其碳酸盐、硫酸盐、硅氧化物等矿物的顺次交代或依次沉淀,反映了暗河沉积的成岩环境由深变浅,由还原趋向氧化。

上述成岩系列,大致反映了暗河沉积成岩环境总的变化趋势,即由浅到深,再由深到浅;由氧化变还原,再由还原变氧化。其时间始于早泥盆世,终于燕山期末,在侏罗纪燕山运动开始时发生转折。围岩发育有溶孔、溶洞、暗河,说明围岩确实曾经处于淡水渗流、潜流带中,而暗河沉积本身就是这一渗流环境的产物,堪称“渗流砾砂”,可与“渗流粉砂”相提并论。故暗河沉积的成岩环境必然是从淡水渗流带开始,随之将是淡水潜流带。但是,暗河沉积之中并未发现这两个带的胶结物或溶蚀痕迹,因而成岩系列并不完全,不能反映暗河沉积经历的所有成岩环境。其原因可能是当时暗河水主要直接来自地表径流,未能饱和碳酸盐以引起胶结物的沉淀;同时暗河沉积又以难溶陆源碎屑为主,也不易引起显著溶蚀。围岩发育溶孔、溶洞,未见其中有渗流、潜流带的碳酸盐矿物沉淀,说明围岩水介质当时亦未饱和碳酸盐,这应该是上述推想的旁证。

三、关于淡水白云石问题

就目前所知,大规模的白云岩可按成因分为四类:萨勃哈、高盐度泻湖、重盐水回流及淡水与海水混合。前三者都有海水成因的共同特征, $\delta^{18}\text{O}$ 、Sr、Na 含量一般较高,而后者含量低,为淡水白云石。

关于淡水白云石,福克研究较详¹⁾,认为可产生于以下诸环境:变动性盐碱滩,地下浅层蒸发的高盐卤水与淡水混合,下潜雨水在成岩期间通过净化镁方解石富集了镁的沉积,正常海水与雨水混合。

兰德等^{[3][4]}根据许多实例提出灰质沉积的成岩期间,因大气淡水注入而在海水淡水混合界面上产生白云石化,并总结了这类白云石的特征。

(一) 牛场暗河沉积中白云石的特征和归属

牛场暗河沉积物的白云石化以粘土岩屑最剧,粉砂质泥岩、泥质粉砂岩岩屑及石英碎屑等依次减弱。而石英岩状砂岩岩屑最稳定,无白云石化反应。

粘土岩屑的白云石化 多沿页理、裂隙或边缘向内进行(图版 I-8),岩屑愈细白云石化愈彻底。白云石粉—粗晶,以边缘、页理处较粗,多棱面接触(图版 I-6)。自形为主,多具环带,外环净洁,核心多粘土残余(图版 I-3, 6)。白云石的 $\delta^{18}\text{O}$: -8.06% , Na: $<300\text{ppm}$, Sr: $<100\text{ppm}$ 。

岩屑石英中砂岩或含细砾石英中砂岩的白云石化 白云石细—中晶,净洁、透明,

1) Folk, R. L., 1975 (?), Mg/Ca 比和盐度,对白云石结晶作用的两个控制因素。1980 年译,同济大学地质系。

环带、核心极少(图版 I-2, 4), 但自形程度差, 彼此齿状接触。石英颗粒未见加大, 交代沿其边缘进行, 常呈孤岛状残体(图版 I-2, 4)。白云石的 $\delta^{18}\text{O}$: -10.21% , $\text{Na}_2 < 300 \text{ ppm}$, $\text{Sr}_2 < 100 \text{ ppm}$ 。

含沥青泥质粉砂岩或粉砂质泥岩岩屑白云石化 情况大致介于以上两者之间。白云石的 $\text{Sr} < 100 \text{ ppm}$, $\text{Na} = 300 \text{ ppm}$ 。

由此可见, 牛场暗河沉积中, 白云石粒大, $\delta^{18}\text{O}$ 、 Sr 、 Na 含量低的特点十分稳定, 而晶体的自形程度及杂质的有无则较多变, 或自形而不完全净洁, 或净洁而不自形, 深受被交代矿物的成分和结构的影响。

表1说明淡水沉淀白云石与淡水交代钙质白云石都有粒大, $\delta^{18}\text{O}$ 、 Sr 、 Na 含量低等淡水白云石的共性。但晶体自形和净洁程度则后者不如前者, 这显然是淡水交代白云石和淡水沉淀白云石的区别。牛场暗河沉积中的白云石也具粒大, $\delta^{18}\text{O}$ 、 Sr 、 Na 含量低等, 上述两种淡水白云石的共性, 所以应归于淡水白云石。其它特点与交代钙质白云石比较相近, 同属淡水交代白云石, 唯被交代矿物彼此有别, 所以又不完全相同。

表1 淡水与海水混合型淡水白云石特征的对比

种类		沉淀白云石(福克)	交代钙质白云石(兰德等)	牛场暗河沉积中交代碎屑白云石(本文)
地化指标	$\text{Na}(\text{ppm})$	低	<数百	<300
	$\text{Sr}(\text{ppm})$		<数百	<100
	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PBD}}(\%)$		<-4.47(威斯康星岛)	<-8.06--10.21
白云石特征		自形、完整平滑的晶面, 无杂质, 透明、洁净, 有时有环带。晶粒 0.05—0.1 mm, 粗大者达 5 mm	自形一半自形、一般洁净、透明、不少具环带、核心及包体。晶粒一般数百 μ , 极少 <10 μ	自形而不完全洁净, 多包体、环带, 或洁净而不自形。晶粒粉—粗晶。
形成环境		在海水与淡水混合处的裂隙、孔隙、鸟眼中, 洁净溶液里沉淀的淡水白云石	钙质沉积物成岩期间, 大气水注入, 在海水与淡水混合处形成交代钙质的淡水白云石	暗河碎屑沉积物在海水与淡水混合带。孔隙中充满混合水介质的情况下, 发生交代陆源碎屑的淡水白云石。

(二) 牛场暗河沉积中白云石形成环境的分析

广西运动之后, 麻江背斜再次隆起露出水面, 红花园组等白云岩发生岩溶。早泥盆世海侵, 背斜转而不断下沉, 初则牛场暗河发生充填, 继则全岛渐渐隐伏海面之下, 相继沉积滨岸、近滨相石英砂岩及台地边缘相碳酸盐岩。由此可以推断, 麻江岛当时必然顺次经历淡水渗流带, 淡水潜流带, 海水、淡水混合带, 海水潜流带, 直至深埋等成岩环境。这种过程(图5)与现代砂岛(图6)和产生过淡水白云石的奥陶纪米夫林时威斯康星背斜上(图7)的经历极为相似, 即必然经历福克所说的产生淡水白云石的海水、淡水混合环境。但不同的是, 当时的麻江岛已是前泥盆系岩石组成的石岛了, 显然上述前三带的分布是极不规则的, 混合带很可能并不发育(图5)。所以麻江岛的淡水白云石并不普遍, 即使在牛场暗河顶部的红花园组夹层灰岩中, 也未见同期淡水白云石化。然而牛场

暗河充填物却是一个例外,当时尚为高孔隙度、高渗透性的松散碎屑沉积物,正好作为岛上海水、淡水互相交换混合的主要场所(图5),这种情况恰与图6、7相同,混合带发育于未固结的沉积物中,所以牛场暗河沉积物发生淡水白云石化就势成必然。更兼麻江岛上洪期季节性的影响,暗河沉积物中混合带会发生频繁迁移^[6],这更有利于混合带沿暗河伸长和水体不断更新。前者大大延长了白云石化的时间;后者使总盐度低、镁质高、物源补给充分而易于产生淡水白云石化的混合带水介质环境更加稳定。因此,即使不易白云石化的碎屑组分,也不得不发生白云石化。

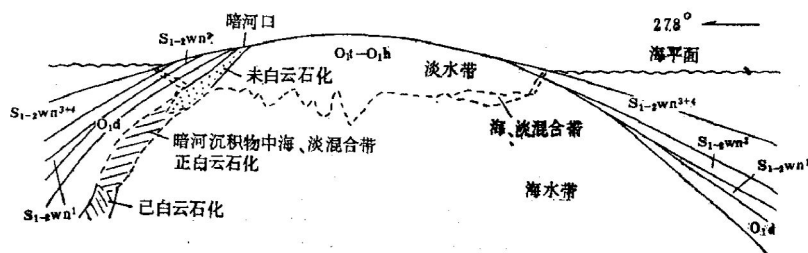


图5 麻江古背斜早泥盆世下沉初期海水、淡水混合带分布示意图

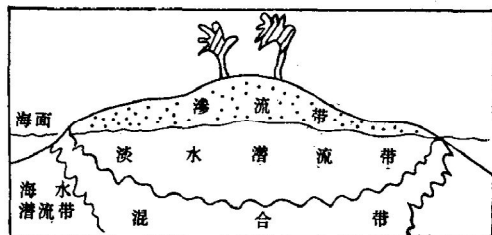


图6 现代砂岛地下水理想分带图

(据 Longman, M, W, 1980)

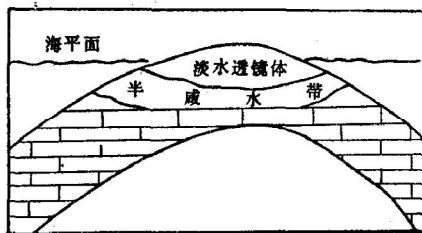


图7 威斯康星背斜地下水分带图

(据 Badiozamani, K., 1973)

上述地史分析也得到了暗河沉积成岩系列的证实。即牛场暗河沉积的成岩环境是由淡水渗流带发展到深埋环境的,白云石化恰在标志不发育的淡水渗、潜流带和海水潜流带胶磷矿化之间。两者吻合,绝非偶然。

再从成岩特征分析,牛场暗河沉积中白云岩的结构、构造不具渗流带的特征,而且渗流带也形成不了如此规模的白云岩,显然不能将这种白云石化归于渗流带。但也不能归属于深埋环境,因为白云石化前没有深埋成岩的标志,如石英加大等,相反,粘土岩层深埋压实变形发生在白云石化之后,说明白云石化时暗河沉积尚未深埋胶结。于是可以考虑的只有淡水潜流带、海水潜流带及两者之间的混合带了,但前两者要形成大规模的淡水白云石是不可能的,或因缺乏镁质,或因离子竞争镁质不能沉淀。因之,只有将其归入混合带才较为恰当。

上述白云石形成环境分析与表1的对比结论是完全吻合的。

四、几点认识

1. 海水、淡水混合带形成的白云石,有沉淀和交代之分,而交代者又可分为交代钙质沉积物和交代陆源碎屑沉积物两种。晶粒大,氧同位素、微量元素等含量低是其共同特点,与其它白云石有明显区别。但自形程度、净洁度、环带多少、有无核心等表现特

征, 则仍然多变, 彼此有别, 深受形成方式或被交代矿物成分和结构的影响。可见判断淡水白云石主要靠氧同位素、痕量元素等含量测定和地质环境的分析。

2. 牛场暗河沉积成岩序列的淡水白云石化→胶磷矿化→进油→硅化→黄铁矿化, 反映了沉积物成岩环境由浅到深的变化过程。其中以淡水白云石化最为剧烈, 导致了沉积物的重大改造和胶结。淡水白云石除可作混合带成岩环境和古隆起的重要标志外, 也是识别某些古岩溶的标志。

3. 古岩溶的研究在贵州油气评价中有重要意义。预计这类白云石, 除在下奥陶统红花园组中还可找到以外, 在碳酸盐岩发育的上震旦统灯影组上部、上石炭统上部等有间断层位的古隆起附近也会被发现的。

本文一些观点曾蒙贺自爱、沙庆安及王尧等同志提过有益意见, 郑复忠、郑维林两同志也参加过部分薄片鉴定工作, 特此致谢。

(收稿日期 1983年4月26日)

主要参考文献

- [1] 韩世庆等, 1983, 黔东麻江古油藏的发现及其地质意义, 石油与天然气地质, 第3卷, 第4期。
- [2] Blatt, H., Middleton, G. V., and Murray, R. C., 1972, 沉积岩成因。《沉积岩成因》翻译组译, 1978, 科学出版社。
- [3] Land, L. S., Salem, M. R. I., and Morrow, D. W., 1975, Paleohydrology of ancient dolomites, Geochemical evidence, AAPG Bull., Vol. 59, No. 9.
- [4] Badiozamani, K., 1973, The Dorag dolomitization model—application to the middle Ordovician of Wisconsin, Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 43, No. 4.
- [5] Longman, M. W., 1980, Carbonate diagenetic textures from nearsurface diagenetic environments, AAPG Bull, Vol. 64, No. 4.

ON THE FRESHWATER DOLOMITE AND DIAGENETIC SEQUENCE OF EARLY DEVONIAN SEDIMENTS IN A SUBTERRANEAN STREAM NEAR NIUCHANG

Liu Shuhui Hu Weiyuan Chen Yanbin

(The 8th Petroleum Prospecting and Exploration Brigade,
Ministry of Geology and Mineral Resources)

Abstract

A special sediments, situated in a subterranean stream near Niuchang, Duyun, Guizhou Province, and deposited upon the dolomite layer of the Lower Ordovician Honghuayan Formation in the west wing of Majiang paleoanticline, was firstly discovered in 1980. It consisted mainly of sandstone and conglomerate which are composed of fragmental particles of mudstone and argillaceous siltstone.

During Early Devonian transgression, Niuchang subterranean stream was filled with sediments which is now about 30m thick. In connection with the depression of ancient Majiang Island, the diagenetic environments of the sediments were changed gradually from shallow to deepseated, this resulted in

the evolutionary series of diagenesis and successively forming the following sequences, freshwater dolomitization→collophanization→oil pouring→silicification→pyritization. Among them, the freshwater dolomitization is more evident. As a result, the sediments were thoroughly transformed and indurated into rocks. Because more intercrystalline pores have developed in the freshwater dolomite, so it is more favourable for oil accumulation than those dolomites of Honghuayan Formation.

According to its geological history, diagenetic sequence and diagenetic features, the dolomite in Niuchang subterranean stream was formed in a mixed zone of freshwater and seawater. Its greater particle size, fewer content of oxygen isotope and trace elements show that it is no doubt freshwater dolomite.

Referring to the precipitated freshwater dolomite described by R. L. Folk, and the replaced freshwater calcidolomite described by L. S. Land, this freshwater dolomite, the writer presents in this paper, is formed by the replacement of continental fragments. They differ clearly in apparent mineral features, for example, the later characterized by the automorphic but unclean crystal, or clean but non-automorphic crystal, and it contains more enclaves and more girdles. Thus it can be seen that the apparent features of freshwater dolomite of different types are varied and effected by the forming manner and the mineral replaced.

It is practically useful that the diagenetic environment can be marked by the freshwater dolomites, and it may be used to search out uplift, erosion surface and karst somewhere in the geological past.

全国第一次珊瑚礁学术讨论会一瞥

全国第一次珊瑚礁学术讨论会, 由中国第四纪研究委员会珊瑚礁分委员会主持, 于1983年11月15日—16日在羊城——广州举行。来自全国各地科研、教学、出版、生产等11个单位的代表30人, 欢聚一堂, 就珊瑚礁的有关学术问题, 话今论古, 热烈讨论。

会议安排紧凑, 代表又多为参加实际工作的中、青年科技人员, 因而会议开得活泼、紧张, 富有生气。宣读的15篇论文及讨论发言, 都浸透着浓郁、清新的山野、海洋气息。以实际材料丰富多采, 今古结合, 多学科论述为特色。

珊瑚礁的研究在我国为时不长, 但进展迅速, 初露头角, 为我国现代沉积研究做了开拓性的工作。此次提交论文18篇, 均具有一定水平, 涉及珊瑚礁的生物学、岩石学、地理学、地貌学, 以及珊瑚的经济利用和古生物礁研究等各个方面。特别是海南岛、西沙岛珊瑚礁的研究, 更若红杏一株探墙而出。

会中集中讨论了西沙岛上一个最高、最奇特的石岛成因。此岛虽小, 其成因却关系到西沙岛及其珊瑚礁的形成; 同时, 以其构造复杂、地貌绚丽多采, 很早就引人注目。多少地学工作者先后登临, 一睹风采。仅0.08平方公里的小岛上, ^{14}C 样品多达42个, 取得年龄数据43个, 但对其时代、成因却仍然扑朔迷离。由于年龄数据上老下新, 对其成因就出现三种代表性的解释: 一为构造形成, 一为风成, 另一为水成。由此对其时代也就产生了不同看法。目前尚处探索阶段, 只是从各个角度提出线索和解释, 通过此次讨论、交流, 必将加速最后解决的进程。

珊瑚的经济利用, 在国外已见诸文献和报道, 国内也开始引人注目。南海海洋研究所的同志介绍了几种珊瑚的药用价值, 为我国沿海, 特别是广东大陆沿岸和南海诸岛珊瑚资源的开发、利用, 另开新途。

最后, 会议增补了珊瑚礁分委员会委员; 并设想在1984年或1985年召开现场学术讨论会, 专门就石岛成因集中讨论, 预料这将是一次令人神往而有意义的学术活动, 更利于问题的深入探索。

随着第一次学术讨论会的结束, 愿珊瑚礁研究中红杏枝头春意闹的局面为期不远。

(贺自爱)