

# 四川盆地震旦系白云岩成因研究

雷怀彦 朱莲芳

(中国科学院兰州地质研究所)

**提要** 自然界有无原生沉淀白云岩成为白云石成因研究中长期争论的话题. 迄今为止, 在世界范围内对白云石成因机制尚没有完善的科学答案. 有趣的是前寒武纪全球广泛发育白云岩, 而寒武纪以来形成的白云石很少. 目前很少有文章涉及这未解之谜. 本文选择了四川盆地震旦系藻白云岩和非藻白云岩, 将宏观全球构造、板块运动观点与微观先进分析方法相结合, 对白云石形成的地质构造背景、水介质条件、成因机制进行了深入讨论, 提出藻白云岩、微、泥晶白云岩为原生(或准同生)形成, 纯细晶白云岩为早期成岩白云石化作用形成, 含硅细晶白云岩为埋藏环境白云石化作用形成的认识, 并首次应用晶胞参数和结晶有序度判别原生和次生白云石.

**关键词** 白云岩 原生 成岩 埋藏 白云石化 成因机制

**第一作者简介** 雷怀彦 男 29 岁 硕士 助理研究员 沉积学、矿物学

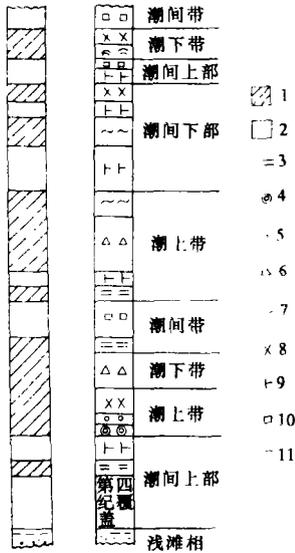
## 前 言

四川盆地震旦系白云岩成因研究历史较长, 但认识很不一致, 归纳起来有两种: 一种主张原生成因, 认为白云岩主要呈薄层状, 且层位稳定, 规模大, 见不到残余文石、方解石; 另一种主张成岩交代成因, 认为人工很难合成地质历史条件下的白云石, 而且在岩石中见到一些成岩作用的特征标志. 笔者认为震旦系存在原生白云岩(准同生白云岩)和成岩白云岩. 这里特别强调原生的概念包含了白云石直接从溶液中沉淀、沉淀过程中的交代、以及沉淀后的快速交代, 其基本特征为未脱离当时的沉积环境, 从某种程度上说, 它们之间的界线是很难区分开的.

## 一、地质构造背景

震旦系是本区地台发展阶段的第一个沉积盖层, 与前震旦纪变质岩系为不整合接触. 下震旦统火山喷发极为频繁, 上震旦统灯影期海域进一步扩大, 此时蓝绿藻非常发育, 灯影期扬子地台处在下陷时期, Marsonneuve (1982) 提出前寒武纪为全球性海侵时期, 大气气温较高, 并贫氧富  $\text{CO}_2$ . 我国南方扬子地台震旦纪发育了一套藻白云岩和非藻白云岩.

威远金口河剖面震旦系藻白云岩和非藻白云岩广泛出露, 厚达 650—1000m, 底部喇叭岗组为陆源碎屑沉积物, 上部灯影组为藻白云岩, 微、泥晶白云岩, 中细晶白云岩组成 (图 1).



1.藻白云岩 2.非藻白云岩 3.藻层纹状白云岩 4.核形石  
5.藻球粒白云岩 6.藻团块、藻角砾白云岩 7.线状条带状白云岩 8.藻粘液白云岩 9.泥晶白云岩  
10.中细晶白云岩 11.叠层石

图1 震旦系藻白云岩和非藻白云岩在金口河剖面中的位置

Fig. 1 Sinian system algal and nonalgal dolomites location in Jinkouhe section

## 藻白云岩与非藻白云岩特征

### (一) 藻白云岩与非藻白云岩岩石学特征

依据岩石组构、含藻与否，划分为藻白云岩和非藻白云岩。这里藻白云岩主要是指隐藻白云岩（白云岩晶粒小于0.005mm）。

#### 1.藻白云岩岩石学特征

藻白云岩是由非钙质的蓝绿藻在其生命活动过程中通过粘结、捕获、及生化作用所形成的岩石，有的残留藻迹。据李菊英、晋惠娟、唐天福等人划分方案结合岩石组构和藻迹形态以及藻的作用特征将藻白云岩划分为藻粘结型和藻粒屑型。

##### (1) 藻粘结型

1 叠层石藻云岩 类型简单，层纹明暗相间，不同程度穹曲，侧向紧密连迭（图版1，1）。暗层宽0.5—4mm，由一些不规则瘤状和丝状物组成；亮层宽0.3—0.25mm，由小于0.03mm的白云石集合体组成。

2 层纹石藻云岩 主要为波状层纹石（图版1，2），由暗层和亮层相间组成，暗层均由藻丝体、藻斑点组成，亮层由泥晶白云石组成，亮层较暗层宽。

3 核形石藻云岩 常为椭圆形，大小不等，核部为泥晶凝块，外部圈层厚薄不一，层数不等，发育窗孔，被微亮晶白云石充填，最外围可见大气淡水成岩形成的等厚环状亮晶白云石（图版1，3）。

##### (2) 藻粒屑型

1 藻砾屑云岩 由藻成因的岩石破碎而成块状、砾状，胶结物为栉壳状构造，边缘为纤柱晶，中心为暗色泥晶白云石（图版1，4）。

2 藻砂屑云岩 藻成因的岩石破碎而成卵圆状、砂屑状，若胶结物为泥晶，成岩重结晶作用改造后轮廓不清，边缘泥晶纤柱化（图版1，5），若亮晶胶结，重结晶后内部为亮晶白云石，外部为暗色环边。

③葡萄状(花边状)云岩 具结晶核心,包壳特别发育,而且呈纤状围绕核心由亮暗相间层组成(图版 I, 6)。张荫本(1980)认为它是藻类活动和沉积化学作用准同期形成。

## 2. 非藻白云岩岩石学特征

### (1) 微泥晶云岩

由粒径小于 0.003mm 的晶粒组成、成分较纯,单偏光下色暗,茜素红和铁氰化钾溶液均不染色,局部见重结晶亮晶白云石(图版 I, 7)。

### (2) 中细晶云岩

一种纯细晶云岩,白云石晶粒自形亮晶,两组解理发育,阴极发光显微镜下具环带结构,中心为暗红、向外为黄红。另一种为含硅细晶云岩,含藻球粒,石英呈残余云片状,白云石自形亮晶(图版 I, 8),白云石阴极发光为棕红色。

### (二) 藻白云岩和非藻白云岩矿物学特征

对不同类型白云石结构晶胞参数和结晶有序度进行了分析,结果见表 1。

表 1 藻白云岩与非藻白云岩结晶有序度及晶胞参数特征

Table 1 The crystallinity and cell parameters characteristics of algal and nonalgal dolomites

样号	特征 岩石类型	晶胞参数		$I_{015}$	$I_{110}$	有序度
		$a_0$	$c_0$			
J-10	团块状藻白云岩	3.2160	12.328	600	672	0.744
J-36	海绵状白云岩	4.2320	13.258	488	702	0.695
J-51	藻粘液白云岩	3.942	12.799	476	735	0.648
J-27	泥晶白云岩	5.632	13.599	526	815	0.645
J-33	泥晶白云岩	5.012	12.555	511	896	0.570
J-42	微晶白云岩	5.772	13.773	579	669	0.865
J-12	细晶白云岩	4.976	15.249	626	631	0.992
J-24	含硅细晶白云岩	4.945	12.336	489	546	0.896
J-47	细晶白云岩	4.066	19.339	859	889	0.971

表 1 中藻白云岩、微泥晶白云岩的结晶有序度(0.648—0.744)明显低于细晶白云岩(0.938),这与目前人工实验室只能合成低有序度白云石(0.2)和现代自然界原生沉淀白云石有序度( $<0.5$ )低的规律是一致的,但又略高于现代原生沉淀白云石,原因是强烈蒸发潮坪环境、过饱和的浓度溶液,藻类不仅提供了丰富的  $Mg^{2+}$  来源,而且促使白云石沉淀或快速交代,这样  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  离子来不及择位,从而导致结晶有序度低,在漫长地质历史中,成岩重结晶作用(局部)又使白云石向有序化转变。另外藻白云岩,微泥晶白云岩的晶胞参数  $a_0$  (4.810Å)  $c_0$  (16.0Å) 有较大的差异,可能由于阳离子层中的 Ca、Mg 混层,使 Ca、Mg 不能有序的排列到各自的层位上,晶体沿  $a_0$  或  $c_0$  方向不成比例生长,晶胞发生

畸变。细晶白云岩的晶胞  $a_0$  和  $c_0$  均接近标准白云石的值, 说明它是在稳定、缓慢的环境中形成的。

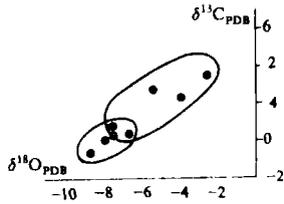


图2 潮坪环境白云岩  $\delta^{13}\text{C}$  与  $\delta^{18}\text{O}$  分布  
Fig. 2 The distribution of  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  isotope of dolomites in tidal environment

### (三) 藻白云岩和非藻白云岩氧碳同位素特征

将不同类型白云岩的氧碳同位素值投影在以  $\delta^{13}\text{C}$  为纵坐标,  $\delta^{18}\text{O}$  为横坐标的坐标系中(图2), 藻白云岩、微、泥晶白云岩分布在氧同位素相对较重的区域里, 细晶白云岩分布在  $\delta^{18}\text{O}$  相对较轻的区域里。大量的文献报道, 碳酸盐岩同位素值, 特别是  $\delta^{18}\text{O}$  随地质年代的增加变轻, Friedman (1987) 总结了不同时期白云岩氧碳同位素认为: 成岩早期,  $\delta^{13}\text{C}$  为  $-1.4$ — $-2.8$  (PDB),  $\delta^{18}\text{O}$  为  $-4.5$ — $7.3$  (PDB); 成岩晚期,  $\delta^{13}\text{C}$  为  $-1.0$ — $7.7$  (PDB),  $\delta^{18}\text{O}$  为  $-4.1$ — $8.2$  (PDB)。藻白云岩、微、泥晶白云岩氧碳同位素值不在此范围内, 说明它们可能是在沉积或准同生期较高盐度下形成。纯细晶白云岩  $\delta^{18}\text{O}$  值与成岩早期相近, 含硅细晶白云岩  $\delta^{18}\text{O}$  值与晚期成岩同位素值相近, 但所有白云石的  $\delta^{18}\text{O}$  值偏轻, 这与 Land (1980) 提出古代白云石  $\delta^{18}\text{O}$  值比现代白云石低的多, 而且晶体体积的增大和  $\delta^{18}\text{O}$  值减小之间有一定的相关关系是一致的。原因可能当时是贫氧的水介质环境, 以及早期成岩轻同位素组分与大气雨水连续的保持平衡作用使白云石的  $\delta^{18}\text{O}$  值向变轻方向转化, 但是  $\delta^{13}\text{C}$  同位素影响不大。

### (四) 藻白云岩与非藻白云岩微量元素特征

各种类型白云岩微量元素分析结果见表2。

表2 藻白云岩与非藻白云岩微量元素特征

Table 2 Trace elements characteristics of algal and nonalgal dolomites

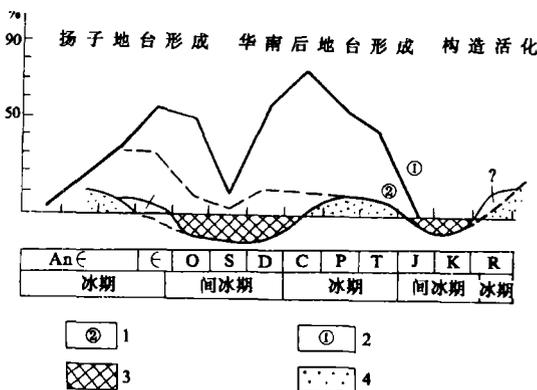
岩石类型	元素特征 样品号	Cu	Th	Sn	Sb	Ba	Sr	Si	Na	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn	Mg	Cu	Mg/Ca	Sr/Ba	Fe/Mn	阴极发光 颜色
		(ppm)							(%)									
泥晶白云岩	J-42	9	6	6.8	4.6	41	41	0	0	0.32	0.04	0.01	11.9	24.1	0.50	1	4	褐红为主
	J-33	5	5	4.0	8.2	17	24	0	0	0.33	0.06	0.01	11.8	24.4	0.48	1.41	6	局部橙红
藻层纹、团块、 角砾状白云岩	J-38	5	2	7	2.5	10	35	0	0	0.28	0.02	0.01	12.2	24.4	0.50	3.50	2	褐红为主
	J-30	5	4	5.7	8.9	17	42	0	0	0.28	0.04	0.01	12.1	24.7	0.48	2.47	4	局部橙红
	J-23	4	5	7.1	4.1	25	29	0	0	0.24	0.06	0.01	12	24.7	0.49	1.16	6	和黄红色
J-13	2	2	12.9	8	0	48	0.04	0	0.34	0.10	0.01	11.7	23.5	0.50		10		
藻粘液泥晶白云岩	J-18	3	0	7.6	0.2	0	31	0	0	0.28	0.02	0.02	12.2	24.5	0.50		1	褐色
细晶白云岩	J-47	2	8	3.7	0	36	21	0	0	0.10	0.24	0.03	12.4	24.5	0.51	0.58	8	黄红暗红
含石英细晶白云岩	J-24	4	6	1.9	3.7	9	39	10.6	0	0.06	0.34	0.01	10	18.4	0.55	4.33	34	暗红色

一般认为古代白云岩中的 Sr、Na 含量很少超过 100—200ppm，表 2 中 Na 含量为零，Sr 含量低于 50ppm。藻白云岩、微、泥晶白云岩的 Sr/Ba 值均大于 1，Sr、Mn、Cu、Sb、Sn 等元素含量相对较高，反映白云石形成于盐度相对较高的环境。纯细晶白云岩的 Sr、Ba、Sn、Mn、Sb 等元素含量相对低，Sr/Ba < 1，反映了淡水参与的变盐环境，Sr 的丢失比较明显。含石英细晶白云岩的 Sr/Ba > 1，可能是由于埋藏环境温度升高，藻类有机质中的 Sr 等其它微量元素解析出来，参与了白云石化的结果，使这类白云石中的 Sr 含量丢失相对降低。Pierson (1981) 认为当 Mn 的含量大于 800ppm 时，阴极发光的强度取决于 Fe<sup>2+</sup> 的含量。表 2 中所有白云岩的 Mn 含量大于 800ppm，藻白云岩，微、泥晶白云岩 Fe<sup>2+</sup> 含量低，阴极发光为红色、褐红色；纯细晶白云岩 Fe<sup>2+</sup> 含量也较低，阴极发光由黄红和暗红色组成的韵律结构，而且由内向外颜色变暗，它反映了早期成岩大气淡水的特征；含硅细晶白云岩，含 Fe<sup>2+</sup> 较高，阴极发光为棕红色、暗红色。上节述及藻白云岩，微、泥晶白云岩的结晶有序度低，除了 Ca、Mg 离子影响外，还可能与 Fe、Sr、Sn、Sb、Mn 等离子容纳在 Mg 离子层有关，它一方面影响白云石结晶有序度，另一方面造成白云石的镁钙化降低，导致白云石的晶体形态发生畸变。

### 三、藻白云岩，微、泥晶白云岩成因

#### 1. 全球构造变化与碳酸盐沉积及原生白云石沉积的新发现

近年来，白云石成因研究取得了可喜进展，人们愈来愈重视将全球构造变化及海平面变化与碳酸盐沉淀联系起来，如 Sandberg (1983) 提出：方解石发育期为  $\epsilon_3$ —C<sub>1</sub>，J—K，文石发育期为 Z— $\epsilon$ ，C<sub>3</sub>—T，R—现在。将我国南方白云岩发育与全球碳酸盐发育特征进行了比较 (图 3)，其白云石的发育与全球文石发育的规律相近，并且他们与全球性的海平面上升密切相关，为什么我国南方震旦系白云岩中见不到文石 (或方解石)? 可能由于扬子地台的沉降，构造热液促进了富 Mg<sup>2+</sup> 溶液白云石的沉淀与文石的快速转变。



1.白云岩厚度百分数 2.石灰岩+白云岩厚度百分数 3.方解石、镁含量低  
4.高镁方解石及不太丰富的文石

图 3 中国南方和世界白云岩、碳酸盐岩地层发育与全球构造、海平面变化关系

Fig. 3 The relationship between dolomites, carbonates strata developed in southern China and world and changing of sea level and global tectonics

原生沉淀白云石世界各地均有发现，如墨西哥潮坪白云石，牙买加裙礁中的白云石，安德罗斯潮坪和佛罗里达岛连潮坪中的白云石都是直接沉淀并保持原始结构，特别是近年深海钻探中 4000—5000m 深的沉积物上部发现有白云石沉积物层。我国小柴旦湖，青海湖都发

现有原生沉淀白云石, 这些事实说明地质历史中也可能存在原生白云石.

## 2. 震旦系存在原生沉淀白云石的可能性

(1) 据天文推算当时月球距地球近, 潮汐作用强烈, 而且震旦系为全球性的海侵时期, 潮坪环境非常发育.

(2) 下震旦统处在全球性广泛火山喷发期, 有大量的  $\text{CO}_2$  和丰富的 Mg、Ca、Sr、Ba 等物质来源.

(3) 气候炎热, 蒸发作用强烈 (白云石与石膏共生).

(4) 众多文献资料表明当时  $P_{\text{CO}_2}$  分压高, 以及频繁的火山活动, 成为白云石沉淀的动力学驱动力.

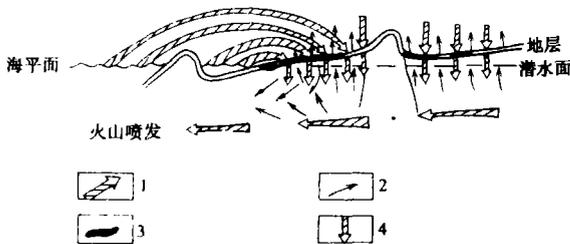
## 3. 藻白云岩、微、泥晶白云岩原生沉淀标志及成因机制

从矿物岩石学特征看, 叠层石、层纹石具有纹层状结构, 核形石具同心圆层结构, 藻粒屑白云岩具团块状、葡萄状、海绵状等结构, 以连片藻席发育为特征, 并见鸟眼和干裂构造, 粒屑间被大气淡水形成的栉壳状亮晶白云石充填胶结, 扫描电镜下白云石色暗, 为微泥晶他形粒状. 这些特征反映了水动力条件弱, 并大量发育蓝绿藻的蒸发潮坪环境.

从微量元素特征看,  $\text{Sr}/\text{Ba} > 1$ , 而且 Sr、Sb、Sn、Cu、Mg、Mn 诸元素含量相对较高, Mg/Ca 值为 0.48—0.5,  $\text{Fe}^{2+}$  含量低,  $\text{Fe}^{3+}$  含量相对较高, 反映了水介质的盐度较高, 石膏和膏泥岩沉淀, 使溶液中的  $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$  值和  $\text{CO}_3^{2-}/\text{Ca}^{2+}$  值相对升高.

从晶胞参数的结晶有序度看, 这类白云石的单位晶胞体积小, 而且晶胞发生畸变, 结晶有序度 (0.696) 相对细晶白云石 ( $> 0.896$ ) 低, 氧同位素值也比细晶白云石重得多,  $\delta^{13}\text{C}$  值基本属于正常海水环境. 说明藻白云岩、微、泥晶白云岩是在有利成核环境中快速交代或快速沉淀下形成的. 而且成岩作用对岩石进行了一定的改造 (重结晶、自生充填) 使白云石由无序向有序转化.

综上所述, 藻白云岩、微泥晶白云岩形成于潮坪环境, 其  $\text{Mg}^{2+}$  的来源主要为海水、火山喷发物, 蓝绿藻白云石形成的机制归纳为图 4.



1. 表示风潮汛补给 2. 表示毛细管、蒸发泵作用水文活动 3. 表示连片藻席 4. 雨水补给

图 4 四川盆地震旦系潮坪白云岩成因模式

Fig. 4 A origin model of Simian system dolomites in tidal environment in Sichuan basin

风潮汛是输送  $\text{Mg}^{2+}$  的有效途径, 潮汛过后, 毛细管蒸发作用引起石膏、白云石泥和文石的沉淀, 从而使溶液中的 Mg/Ca 值相对增高, 炎热的气候使毛细管蒸发作用持续进行, 以致潜水面下降到自流水层的测压面之下, 这时蒸发泵将混有大气淡水的溶液通过饱和带向上运动, 当遇到文石泥时, 必将建立新的化学平衡, 这个时期强烈的潮汐作用成为输送  $\text{Mg}^{2+}$  的最佳二传手. 加之蓝绿藻的生化作用以及捕获和粘结, 加速了藻白云石、微、泥晶白云石在潮坪环境的沉淀.

## 四、细晶白云岩成因

### 1. 纯细晶白云岩成因

在风潮汛间歇时期, 镁离子的输送机制出现障碍, 此时以沉淀高镁文石泥、高镁方解石泥为主, 并基本上脱离了沉积水介质环境, 大气淡水为主要的输送机制, 淡水与盐水的混合便发生早期白云石化作用形成了半自形—自形白云石, 黄翠蓉 (1989) 认为变盐环境有利于白云石化作用进行. 白云石环带韵律发育, 其阴极发光颜色由黄红色和暗红色组成, 一般由内向外颜色变暗 (图版 II, 6), 具较高的结晶有序度 ( $>0.896$ ), 较低的  $\delta^{18}\text{O}$  值 ( $-8.64$  (PDB)), 而且  $\text{Sr}/\text{Ba} < 1$ ,  $\text{Fe}/\text{Mn} > 5$ .

表 3 藻白云岩和非藻白云岩成因综合特征

Table 3 Origin synthetic characteristics of algal and nonalgal dolomites

参 数 特 征	藻 白 云 岩				非 藻 白 云 岩		
	叠层石 白云岩	层纹石 白云岩	凝块石 白云岩	核形石 白云岩	微晶、泥 晶白云岩	中细晶 白云岩	含石英细 晶白云岩
沉积环境	潮间带	潮上带	潮间带	潮下带	潮上带	潮间潮下	潮间潮下
成因机制	原生沉积(准同生沉积作用) 后经成岩大气淡水作用的改造				早期白云 石化作用	埋藏环境	交代石英
微量元素特征	$\text{Sr}/\text{Ba} > 1$ , 而且 Sr、Mn、Sb、Cu 元素含量高, $\text{Fe}^{2+}$ 离子含量低.				$\text{Sr}/\text{Ba} < 1$ $\text{Fe}^{3+}$ 低	$\text{Sr}/\text{Ba} > 1$ $\text{Fe}^{2+}$ 高	
有序度	0.696				0.992	0.896	
晶胞 $a_0$	3.216	4.322	3.942		5.632	4.876	4.945
参数 $c_0$	12.328	13.258	12.799		13.599	15.249	12.336
$\delta^{18}\text{O}$	-6.91				-2.62	-8.64	-9.01
$\delta^{13}\text{C}$	0.32				3.578	0.128	-0.48
交代残余	不 见				不 见	不 见	残余石英
含生物量	富含蓝绿藻				不 含	不 含	含蓝绿藻
阴极发光	褐红色局部等厚环边阴极发光为黄红色				褐红色	黄红色	暗红色
结晶形态	他形—半自形				他 形	半自形—自形	
晶粒大小	$<0.004\text{mm}$				$>0.004\text{mm}$		

### 2. 含石英细晶白云岩成因

目前, 众多的学者认为大量的白云石化作用发生在深埋藏环境 (Znenger, 1983), 因为: ①随着埋藏深度增加, 温度升高, 可降低水化镁离子比例, 加速白云石化反应. ②温度升高后, 较少的热力学和动力学因素限制白云石形成. ③较高的温度范围内, 虽然  $\text{Mg}/\text{Ca}$  值低, 但仍为白云石的稳定范围. 当含藻硅质岩进入到深埋藏阶段, 上覆地层静压力增强, 使岩

石孔隙中的卤水不断挤出,加之邻近页岩体中的  $Mg^{2+}$  的补给,以及藻类腐烂分解释放的  $Mg^{2+}$ ,使溶液中的  $Mg/Ca$  值相对增高,有机质脱羧基作用形成高的  $CO_3^{2-}$  驱动力,奚理秋(1984)认为,埋藏环境当温度为  $50^\circ C$  时,较低的  $Mg/Ca$  值(0.6左右)即可发生白云石化作用。该地区在埋藏阶段发生大量的白云石化作用,即白云石交代含藻硅质岩形成细晶白云岩。其主要证据为:①显微镜下见到大量的石英交代残余(图版 I, 8)。②深埋藏形成的缝合线构造与次生石英、白云石共生(图版 I, 7)。③这类白云石的  $Fe^{2+}/Mn^{2+}$  值高,一般大于 34,阴极发光颜色为暗红色,氧碳同位素值很轻,为  $-9.01$  (PDB),结晶有序度高达 0.971。

通过上述分析,四川盆地震旦系白云岩为原生白云石和成岩白云石两种类型,将它们的成因标志综合归纳在表 3 中。

收稿日期:1990年9月11日

### 参 考 文 献

- (1) 叶德胜, 1989, 岩相古地理, 第2期, 86-97页。
- (2) 叶德, 1985, 白云石化作用, 美国石油地质学家协会进修丛书, 石油工业出版社。
- (3) 刘集银等, 1986, 矿物岩石, 第6卷, 第2期, 128-131页。
- (4) 孙荫本, 1980, 石油实验地质, 第4期, 40-43页。
- (5) 唐天福, 薛耀松, 俞从流, 1980, 科学通报, 第25卷, 第18期, 853-855页。
- (6) 黄思静, 1985, 矿物岩石, 第3卷, 第4期, 57-61页。
- (7) 黄翠蓉, 张光荣, 1987, 地质论评, 第33卷, 第5期, 449-461页。
- (8) 曾允孚, 1988, 成都地质学院学报, 第15卷, 第12期, 20-27页。
- (9) 潘正苗, 李菊英, 1990, 白云石化作用与中国东部白云岩地层, 中国科学院地质研究所集刊, 科学出版社, 1-90页。
- (10) Bem, A and Land, L.S., 1983, Jour Sed Petrol., Vol.53, No.1, p 243-260.
- (11) Hardie, L.A., 1987, J.S.P. V.57, p 166-183.
- (12) Miran, K., 1983, Am. Assol. Petrol. Geol. Bull., 67 (11), 2156.
- (13) Pierre, C., Ortlieb, L., and Person, A., 1984, Jour.Sed.Petrol., Vol.54, No.4, p.49-1061.
- (14) Zenger, D.H., 1983, Geology, Vol.11, No 9, p.59-522.

## Study of Origin of the Sinian Algal and Nonalgal Dolomitites in Sichuan Basin

Lei Huaiyan      Zhu Lianfang

(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences)

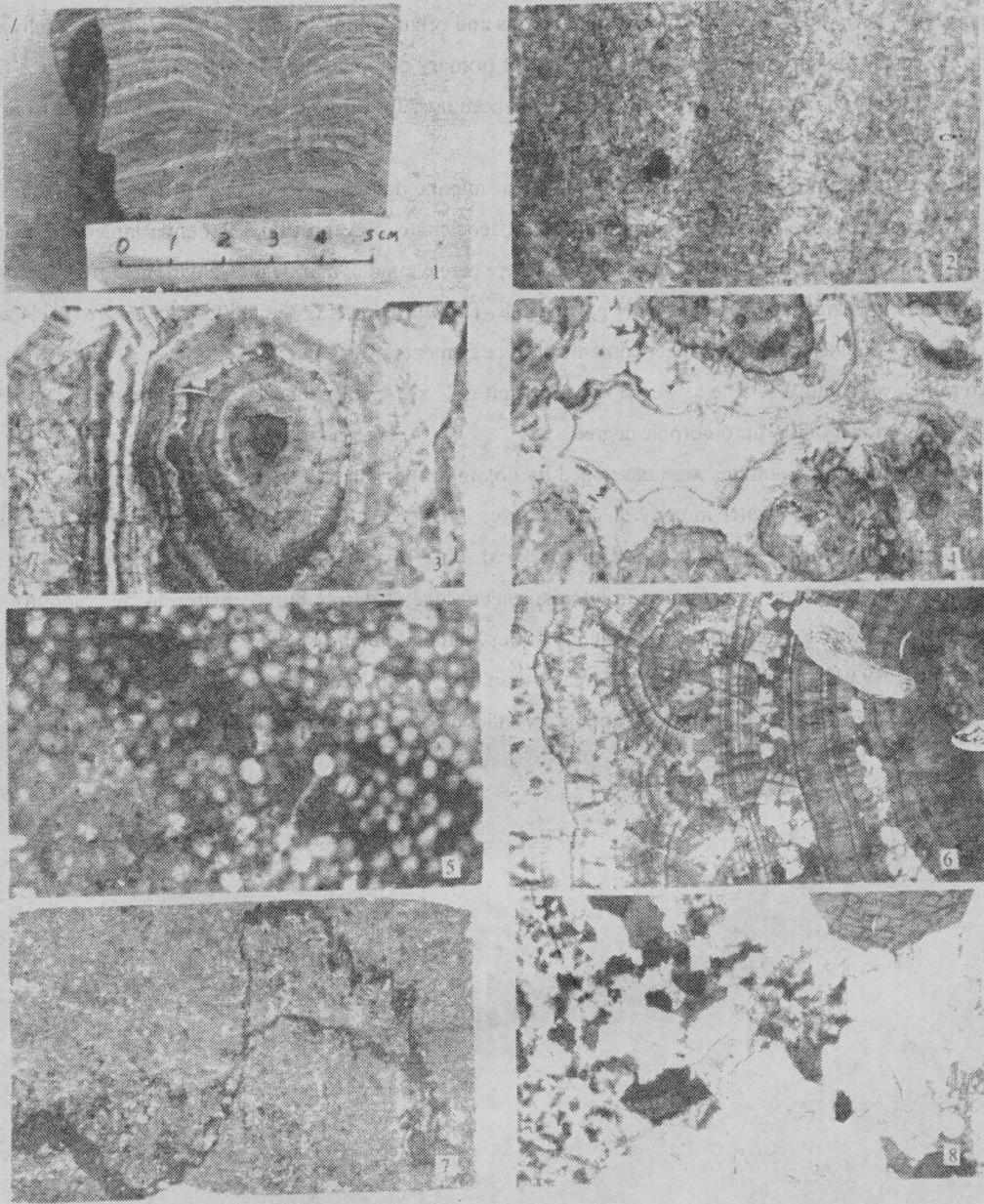
### Abstract

Algal and nonalgal dolomitites develop extensively in Sinian System, Southwest of Sichuan Basin, which are good natural gas reservoir beds. Some experts have done much basic research on their origin, but they had got de-

ferents conclusions. Based on the previous works and the combinations of global and regional tectonizations with advanced laboratory analyses, the medium conditions and origin of dolomites, have been deeply analysed, it was proposed that Sinian System dolomites consist of primary dolomites and secondary dolomites. It is the first time that the unit cell parameters and crystallinity have been used for distinguishing primary dolomites from secondary dolomites.

The developing of algal dolomites, microlite and micritic dolomites were controlled by the factors such as global tectonic settings, sea level changing, hot palaeoclimate, evaporitic tidal flat environment, strong and weak of water dynamics and so on. These dolomites were precipitated in marine tidal environment by trapping, cohering, and biochemical processes of blue-green algae. They have lower crystallinity from 0.682 to 0.744 with average of 0.696, higher salinity, higher contents of trace elements (Sr, Ba, Sb, Sn, Cu), and Mg/Ca ratio generally lower than 0.5. The  $a_0$  and  $c_0$  of their unit cells are smaller than those of standard dolomites, its crystal is fine and has a low automorphic degree.

Pure fine-crystal dolomites were developed by dolomitization under the environment that salty environment have had changed by air-water in early diagenetic stage. They constitute of rhythmic structure, the colour of cathodoluminescence consist of yellowish red and dark red. Fine-crystal quartz contained dolomites with dark red cathodoluminescence colour were formed in late diagenetic stage of deeply burial environment by dolomitization, residual quartz is wide spreaded in it, crystallinity of this kind of dolomite is higher (0.896–0.992) and its  $\delta^{18}\text{O}$  is light (–8.64––9.01‰) with the Mg/Ca greater than 0.5, its unit cell  $a_0$  is 4.876 Å and  $c_0$  is 15.249 Å which are similar to those of standard dolomite, and its crystal is coarse, possessing a high automorphic degree.



1. 叠层石, 手标本. 2. 波状层纹石, 单偏光,  $\times 20$ . 3. 核形石, 单偏光,  $\times 20$ . 4. 藻砾屑白云岩, 砾屑为暗泥晶白云石, 砾屑间为节壳状亮晶白云石胶结, 单偏光,  $\times 20$ . 5. 藻砂屑云岩, 轮廓不清, 重结晶后为亮晶, 砂屑中心为黑色藻残余物, 单偏光,  $\times 80$ . 6. 花边状、葡萄状层纹石, 单偏光,  $\times 20$ . 7. 泥晶白云石, 不易发生重结晶作用和白云石化作用, 压溶作用形成的缝合线被沥青物质充填, 单偏光,  $\times 75$ .