

文章编号: 1000-0550(1999)03-0383-07

# 滇东—川西下二叠统白云岩的形成机理 ——玄武岩淋滤白云化

金振奎 冯增昭

(石油大学地球科学系 北京昌平 102200)

**摘要** 在滇东—川西地区的下二叠统中,白云岩发育,并可分两种类型:块状白云岩和斑状白云岩。块状白云岩呈浅灰色、灰色,主要由细晶或中晶白云岩石组成。白云岩的  $\delta^{13}\text{C}$  为  $+0.8\text{‰} \sim +3.5\text{‰}$ , 平均  $+2.7\text{‰}$ ;  $\delta^{18}\text{O}$  为  $-6.8\text{‰} \sim -9.1\text{‰}$ , 平均  $-7.8\text{‰}$ ; Sr 为  $25 \times 10^6 \sim 52 \times 10^6$ , 平均  $39 \times 10^6$ ; Na 为  $52 \times 10^6 \sim 74 \times 10^6$ , 平均  $64 \times 10^6$ 。斑状白云岩呈灰色,由白云岩斑块和交代残余的石灰岩斑块组成,其中白云岩斑块含量大于 50%。白云岩斑块呈云朵状,大小多为几厘米至二十几厘米。白云岩斑块由细晶和中晶白云石组成。白云石呈自形或半自形,含量 60%~90%。白云石的  $\delta^{13}\text{C}$  为  $+3.1\text{‰} \sim +4.0\text{‰}$ , 平均  $+3.6\text{‰}$ ;  $\delta^{18}\text{O}$  为  $-6.4\text{‰} \sim -8.1\text{‰}$ , 平均  $-7.4\text{‰}$ ; Sr 为  $46 \times 10^6 \sim 68 \times 10^6$ , 平均  $55 \times 10^6$ , Na 为  $60 \times 10^6 \sim 89 \times 10^6$ , 平均  $74 \times 10^6$ 。

各种资料表明,块状白云岩和斑状白云岩成因相同,只是白云化程度不同。白云岩是在埋藏环境中较高温条件下形成的。白云化水来自淋滤峨嵋山玄武岩的大气降水,是淡水。白云化所需的  $\text{Mg}^{2+}$  来自玄武岩中铁镁矿物的风化分解。巨厚的玄武岩形成了高大的山脉,形成了巨大的高差和水压头,从而使淋滤玄武岩的大气降水源源不断地流向地下深处,使下伏的石灰岩发生大规模白云化。因此本区的白云化机制可称之为“玄武岩淋滤白云化”。

**关键词** 滇东 川西 下二叠统 白云岩 成因 玄武岩淋滤

**第一作者简介** 金振奎 男 1963 年出生 博士后 副教授 沉积学及构造地质学

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

## 1 前言

自 1791 年法国博物学家 Deodat de Dolomieu 首次描述了白云岩以来,其成因一直是许多地质学家研究的一个课题。人们之所以对白云岩感兴趣,不仅是出于自然科学的好奇,更重要的是由于白云岩中蕴藏着油气及其它矿产(铅锌矿等)。例如,美国得克萨斯西部的 Yates 油田,拥有  $40 \times 10^8$  bbl 的石油地质储量,其主要产层为上二叠统的白云岩;我国的鄂尔多斯大气田,其主要产层为中奥陶统马家沟群的白云岩;目前在塔里木盆地下古生界中发现的油气也主要产自白云岩。因此,白云岩成因的研究对白云岩储集层的分布预测有重要的意义。

笔者在从事中国南方二叠纪岩相古地理研究及编图过程中,发现下二叠统的白云岩主要分布于滇东—川西地区,即扬子地台西部(图 1),而扬子地台其它广大地区白云岩则不发育。因此,该区的白云岩与玄武岩在成因上有某种联系。进一步研究证实

了这一点。下面就对该区白云岩的特征及成因进行详细的描述和讨论。

## 2 地质背景

滇东—川西地区的二叠系分上、下两统。自下而上,下统分铜矿溪组、栖霞组和茅口组;上统分峨嵋山玄武岩组和宣威组,其中宣威组在滇东—川西

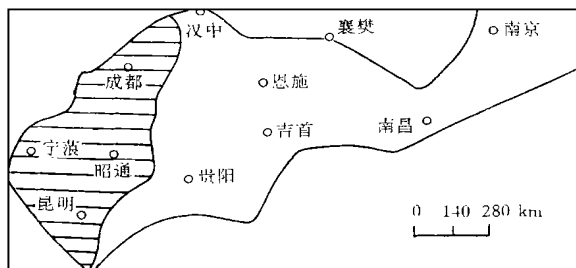


图 1 扬子地台上、下二叠统中的白云岩分布图  
Fig. 1 Dolomite distribution of the Upper and Lower Permian on Yangtze Platform

地区的西部缺失<sup>[1]</sup>。除上、下二叠统之间以及下二叠统与下伏地层之间为不整合外,其余各组之间均为整合接触。该区与邻区二叠系的对比关系见表 1。

铜矿溪组厚一般为几米至二十几米,主要由石英砂岩和页岩夹少量煤层组成,为碎屑岩滨浅海环境沉积<sup>[2]</sup>。

栖霞组厚一般为 50~100 m,主要由白云岩和石灰岩组成,为开阔台地沉积。

茅口组厚一般为 300~400 m,主要由石灰岩和白云岩组成,为开阔台地沉积。

峨眉山玄武岩组仅分布于扬子地台西部(图 2),厚 0~3 000 多米,由西向东迅速变薄尖灭。在东川—会理—康定一带玄武岩最厚,剥蚀残余厚度

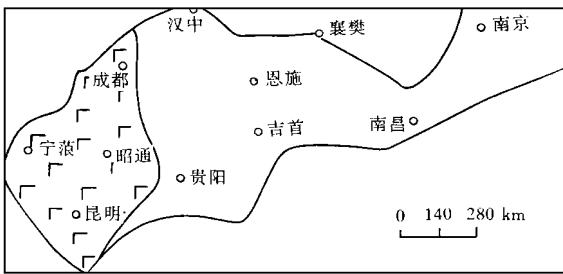


图 2 扬子地台上二叠统峨眉山玄武岩分布图  
Fig. 2 Distribution of Emei basalt (upper permian) on ranatse platform

表 1 川滇地区及邻区二叠纪地层对比表  
Table 1 Correlation of the Permian in Sichuan—Yunnan and adjacent areas

地层系统	地区对比	云南昆明	云南师宗	贵州	四川	贵州贵定
		西山	鸭子塘	织金	华莹山	闻江寺
上二叠统	长兴阶		宣威组	长兴组	长兴组	大隆组 长兴组
	龙潭阶	峨眉山玄武岩组	峨眉山玄武岩组	龙潭组	龙潭组	吴家坪组
下二叠统	茅口阶	茅口组	茅口组	茅口组	茅口组	茅口组
	栖霞阶	栖霞组	栖霞组	栖霞组	栖霞组	栖霞组
		铜矿溪组	铜矿溪组	铜矿溪组		铜矿溪组

一般在 1 000 m 以上。玄武岩主要为拉斑武岩。

宣威组厚 0~200 多米,东厚西薄,自东而西逐层超覆于峨眉山玄武岩之上。宣威组主要由岩屑砂岩和页岩组成,在本区东部含煤,为陆相沉积。由本区向东,宣威组中、下部相变为龙潭组海陆交互含煤碎屑岩沉积和吴家坪组碳酸盐台地沉积,上部则相变为长兴组碳酸盐台地沉积(表 1)。

本区在二叠纪,经历了由海到陆的转变过程。早二叠世初期,开始海侵,沉积了铜矿溪组的碎屑岩。此时,扬子地台西缘的康滇陆尚未被淹没,从而为周围地区提供了大量陆源物质。栖霞期和茅口期,海侵进一步扩大,海水淹没了整个扬子地台,陆地消失,本区及扬子地台其它大部分地区变为广阔清水碳酸盐台地,沉积了栖霞组和茅口组的石灰岩。

早二叠世末期,发生东吴运动,扬子地台普遍抬升,造成了上、下二叠统之间的区域不整合,与此同时,在扬子地台西部发生了大规模基性岩浆喷溢,形成了巨厚的峨眉山玄武岩。

此后,扬子地台又下沉,接受了上二叠统沉积。但此时古地理面貌与早二叠世大不相同了。在扬子地台西部为高耸的玄武岩陆。由于这个古陆向周围地区输送了大量碎屑物质,从而自西向东,在扬子地台上依次形成了冲积平原、碎屑岩滨浅海和碳酸盐台地<sup>[1]</sup>。这个玄武岩陆形成以后再也没有被完全淹没过。它的存在,不仅改变了古地理格局,还导致了其下伏下二叠统石灰岩的广泛白云化。

### 3 研究方法

本次研究过程中,观察和实测了本区及邻区二叠系剖面 20 多条,并采集了大量标本。除了常规显微镜观察外,还将部分白云岩样品送中国科学院地质科学研究所进行了碳氧同位素分析和微量元素分析。

对于碳氧同位素分析,首先将少量样品碾成粉末,使之与 100% 的浓磷酸反应。为了消除可能存在的方解石影响,在收集 CO<sub>2</sub> 气之前,先让反应进行 2 小时。分析程序详见 McCre<sup>[2]</sup>。分析结果相对 PDB 标准报道,分析误差在 0.2% 以内。

微量元素是用原子吸收法分析的,其原理和方法详见刘岫峰<sup>[3]</sup>。本次分析的微量元素主要是 Sr 和 Na。

### 4 白云岩的特征

在滇东—川西地区的下二叠统中,白云岩发育,并可分两种类型:块状白云岩和斑状白云岩。

#### 4.1 块状白云岩

块状白云岩呈浅灰色、灰色,厚层状至块状,白云化完全,不含石灰岩残余。白云岩主要由细晶或中晶白云石组成,白云石多呈它形(图版1),阴极发光呈暗红色,Fe<sup>2+</sup>含量较高。层状溶蚀孔洞发育,孔洞含量平均5%,局部可达20%。孔洞大小多为毫米级和厘米级,其内虽充填亮晶方解石,但多未填满。孔洞多呈层状分布。

白云岩的 δ<sup>3</sup>C 为 +3.1‰~+4.0‰,平均 +3.6‰; δ<sup>18</sup>O 为 -6.4‰~-8.1‰,平均 -7.4‰(表2)。Sr 为 46×10<sup>-6</sup>~68×10<sup>-6</sup>,平均 55×10<sup>-6</sup>, Na 为 60×10<sup>-6</sup>~89×10<sup>-6</sup>,平均 74×10<sup>-6</sup>(表2)。

块状白云岩主要分布于滇东—川西地区西部下二叠统下部的栖霞组中,厚近百米(图3)。

表2 昆明西山二叠统白云岩碳氧同位素(PDB)及微量元素分析数据

Table 2 Carbon and oxygen isotope and trace elements of dolostones of the Lower Permian in Xishan Kunming

岩石名称	δ <sup>3</sup> C ‰	δ <sup>18</sup> O ‰	Sr/ × 10 <sup>-6</sup>	Na/ × 10 <sup>-6</sup>
块状白云岩	+3.5	-6.8	43	67
块状白云岩	+3.1	-7.1	52	74
块状白云岩	+3.6	-8.3	36	64
块状白云岩	+0.8	-9.1	25	52
白云石斑	+4.0	-6.4	68	60
白云石斑	+3.1	-7.8	46	89
白云石斑	+3.6	-8.1	51	72

#### 4.2 斑状白云岩

斑状白云岩呈灰色,厚层状至块状,由白云岩石斑块和交代残余石灰斑块组成,其中白云石斑块含量大于50%(图4;图版2,3)。当白云石斑块含量小于50%时,则过渡为斑状石灰岩。白云石斑块呈云朵状,大小多为几厘米至二十几厘米(图4-a, b;图版2,3)。

白云石斑块由细晶和中晶白云石组成。白云石呈自形或半自形(图版4),含量60%~90%,其阴极发光呈暗红色,Fe<sup>2+</sup>含量较高。有些白云石内含泥粉晶方解包裹体,为交代残余。白云岩之间为残余灰泥或生物颗粒。白云石斑块之间的交代残余石灰岩为灰泥石灰岩、生屑质灰泥石灰岩、灰泥生屑石灰

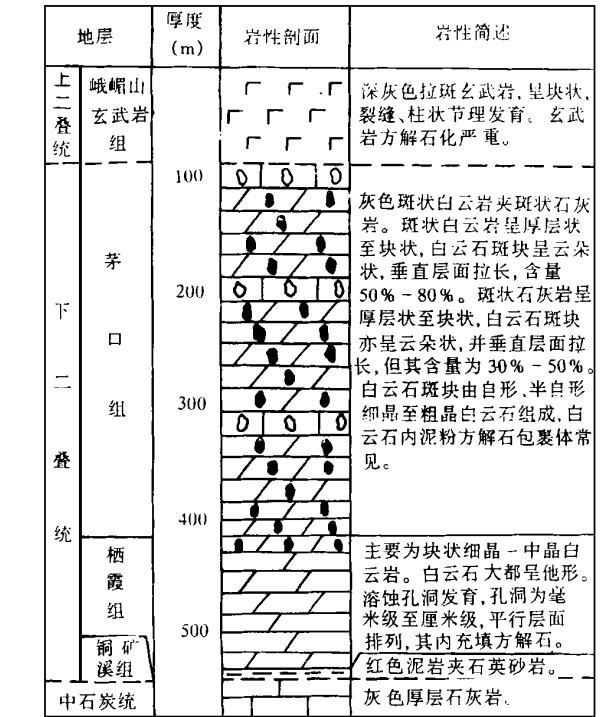


图3 云南昆明西山二叠统剖面中的白云岩的类型及分布

- 1. 块状白云岩; 2. 斑状白云岩; 3. 斑状石灰岩; 4. 石灰岩;
- 5. 泥岩; 6. 玄武岩; 7. 整合; 8. 平行不整合

Fig. 1 Dolomite types and distribution on Lower Permian section, Xishan Kunming, Yunnan

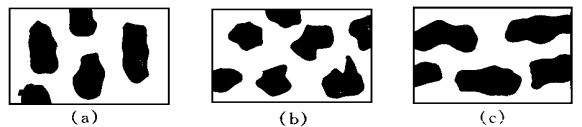


图4 斑状白云岩

- (a). 白云岩斑块(黑色)垂直侧面拉长;
- (b). 平行层面上白云岩斑块大致成图形;
- (c). 白云岩斑块沿平行层面拉长

Fig. 4 Characteristics of the patchy dolostone

岩或亮晶生屑石灰岩。生屑主要为绿藻、红藻、有孔虫、棘皮类、腕足类等。

白云石的平均 δ<sup>3</sup>C 为 +3.1‰~+4.0‰,平均 +3.6‰; δ<sup>18</sup>O 为 -6.4‰~-8.1‰,平均 -7.4‰(表2)。Sr 为 46×10<sup>-6</sup>~68×10<sup>-6</sup>,平均 55×10<sup>-6</sup>, Na 为 60×10<sup>-6</sup>~89×10<sup>-6</sup>,平均 74×10<sup>-6</sup>(表2)。可

见其地球化学特征与组成块状白云岩的白云石相似。

斑状白云岩在本区分布普遍,特别是在茅口组中。在研究区西部,如云南昆明等地,白云石斑块多垂直层面拉长(图 4-a, b; 图版 2, 3),这里玄武岩也最厚;但向东至白云岩分布的边缘地区,师宗鸭子塘等地,白云石斑块则呈不规则状甚至平行层面拉长(图 4-c),这里玄武岩变薄甚至尖灭。

## 5 成因分析

关于白云岩的成因,二十世纪初期 Steidtmann<sup>[4]</sup>和 Van Tuy<sup>[5]</sup>曾进行过一定深度的研究。但只是到了 50 年代末、60 年代初,当一些地质学家在澳大利亚南部、波斯湾、巴哈马等地发现了全新世白云岩以后<sup>[6-8]</sup>,有关白云岩的成因研究才取得了突破性进展,多种白云化机理才相继提出,如潮上带蒸发泵或毛细管蒸发浓缩白云化<sup>[9-11]</sup>、咸化海水回流渗透白云化<sup>[12]</sup>、混合水白云化<sup>[12]</sup>、混合水白云化<sup>[13]</sup>、正常海水白云化<sup>[14, 15]</sup>、埋藏白云化<sup>[16]</sup>等。Hardie<sup>[17]</sup>曾对这些白云化机制进行过深入的剖析。

二叠纪,在本次研究的地区不存在蒸发环境<sup>[1]</sup>,因为石灰岩含的有孔虫、腕足类、棘皮类、珊瑚等均为正常海生物,说明当时海水盐度是正常的。因此白云岩的形成与咸化海水白云化机制无关。

至于正常海水白云化,也不可能。一是因为本区白云岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 值很低,远低于海水白云化形成的白云岩的 $\delta^{18}\text{O}$ (通常大于 $-20\text{‰}$ )<sup>[16, 17]</sup>。另外,扬子地台其它广大地区沉积环境相同的石灰岩却未白云化,这是难以解释的(如果正常海水能够白云化的话)。

关于本区的白云岩,一些研究者用混合水白云化机制来解释<sup>[18, 19]</sup>。他们认为混合水白云化与栖霞期和茅口期碳酸盐台地上发育的滩有关,滩出露水面后就会产生淡水透镜体,形成淡水—海水混合带,引起白云化。但笔者认为,这种解释并不恰当。在观察的所有白云化剖面内部,均未发现暴露的痕迹,如间断面、钙结壳、微型喀斯特等。况且在二叠纪,本区的碳酸盐台地上颗粒滩并不十分发育<sup>[1]</sup>。以往许多被定为滩沉积的“亮晶颗粒石灰岩”实际上是灰泥颗粒石灰岩,其颗粒间的“亮晶”是假亮晶,是灰泥重结晶形成的。而在扬子地台中、东部滩分布的地区,白云化并未发生。因此,本区的白云岩与滩并无成因联系。在上、下二叠统之间虽有一个区域

不整合面,但它与白云岩的分布并无明显的控制作用。因此它与白云岩成因无关。

本区白云岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 值很低,是深埋藏白云化的特征<sup>[16, 17]</sup>。例如, Lee 和 Friedman<sup>[20]</sup>将美国得克萨斯西部 Ellenburger 群的白云岩解释为埋藏白云化成因,其 $\delta^{18}\text{O}$ 为 $-4.5\text{‰} \sim -7.3\text{‰}$ ; Zenger 和 Dunham<sup>[2]</sup>将约地区寒武系的白云岩解释为埋藏白云化成因,其 $\delta^{18}\text{O}$ 为 $-4.5\text{‰} \sim -7.5\text{‰}$ ; 冯增昭等<sup>[22]</sup>将鄂尔多斯地区中奥陶统马四组的白云岩解释为埋藏白云化成因,其 $\delta^{18}\text{O}$ 为 $-6.3\text{‰} \sim -8.7\text{‰}$ 。因此,本区的白云岩应是在温度较高的深埋藏环境下形成的。白云石的 $\text{Fe}^{2+}$ 含量较高,说明形成于还原环境,这与深埋藏环境吻合。更重要的是,在这些白云岩中已发现了液体包裹体,其气液比为 $5\% \sim 10\%$ ,均一化温度为 $140 \sim 185\text{℃}$ <sup>[19]</sup>。这是白云岩形成于较高温度的有力证据。

高温有利于白云石的形成,这已成为共识。在常温下,迄今未能在实验室内从水溶液(包括海水)中沉淀出白云石。但当温度在 $100\text{℃}$ 以上时,白云石却很容易沉淀出来<sup>[23]</sup>。因此在深埋藏环境下白云岩的形成是不存在动力学问题的。关键是白云化所需的大量 $\text{Mg}^{2+}$ 从何而来?是什么动力驱使大量富含 $\text{Mg}^{2+}$ 的水流过石灰岩使其白云化?一些研究者曾提出 $\text{Mg}^{2+}$ 来源于残余孔隙水或蒙脱石向伊利石的转化<sup>[16, 24]</sup>。但这种来源能否提供大量 $\text{Mg}^{2+}$ 进行大规模白云化是值得怀疑的。至于白云化水运动的动力,有些主认为是压实作用,有些人认为是热对流等。

比较图 1 和图 2 可以看出,在玄武岩分布的地区,白云岩发育;没有玄武岩的地区,白云岩少见。玄武岩的分布控制了白云岩的分布。白云岩与玄武岩的这种密切关系表明本区的白云化与玄武岩有关。

玄武岩富含 Mg。在地表条件下,玄武岩是不稳定的。当遭受大气水风化淋滤时,玄武岩中的铁镁矿物分解或被方解石等矿物交代(这种现象在本区常见),从而释放出 $\text{Mg}^{2+}$ 。由于巨厚的玄武岩形成了高大的山脉,造成了巨大的水压头。在这种水压头的作用下,富含 $\text{Mg}^{2+}$ 的淡水便沿岩石中的各种裂缝和节理源源不断地向地下深处渗流,使下伏下二叠统的石灰岩发生大规模白云化(图 5)。

在玄武岩巨厚的地区,即玄武岩山脉高耸的地区,白云石斑块普遍沿垂直层面方向拉长,说明在这

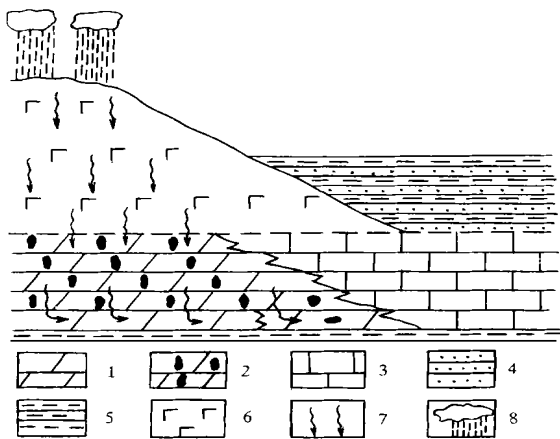


图5 滇东—川西地区下二叠统玄武岩淋滤白云化模式

(淋滤的玄武岩的大气水垂直向下渗流,  
遇到隔水层后呈沿水平方向流动)

1. 块状白云岩; 2. 斑状白云岩(白云岩斑块垂直层面拉长或平行层面拉长); 3. 石灰岩; 4. 砂岩;
5. 泥岩; 6. 玄武岩; 7. 地下水渗流方向; 8. 大气降水

Fig. 5 Model of dolomitization through leaching of basalts (Lower Permian) in East Yunnan-West Sichuan

些地区地下水的总体运动方向是垂直的。而在玄武岩分布的边缘地区,白云石斑块不规则甚至沿平行层面方向拉长,说明在这些地区地下水的总体运动方向是水平的。此外,栖霞组白云化比茅口组强烈,可能是由于栖霞组之下有铜矿溪组的泥岩隔水层,使从上面渗流下来的水在栖霞组汇集,因而这里的白云化充分。

本区白云岩的 Sr 和 Na 含量,与现代海相白云岩的 Sr 含量(一般  $500 \times 10^{-6} \sim 800 \times 10^{-6}$ <sup>[25]</sup>)和 Na 含量(平均  $2000 \times 10^{-6}$ <sup>[16]</sup>)相比,是相当低的。这与淡水白云化是相吻合的。此外,本区的白云石普遍较粗,为细到中晶级,这也说明白云石的结晶速度慢,白云化水的盐度低<sup>[26]</sup>。

综上所述,本区下二叠统中的块状和斑状白云岩是从玄武岩山上渗流下来的淡水在地下较深处,较高温度下使下伏石灰岩白云化而形成的。这种白云化机制可称之为“玄武岩淋滤白云化”。正是巨厚玄武岩的存在,为白云化提供了大量的  $Mg^{2+}$ , 并且为白云化水源源不断流入地下深处提供了条件。

## 6 结论

通过本次研究,主要得出了如下几个结论:

- (1)滇东—川西地区下二叠统中的白云岩可分

为块状白云岩和斑状白云岩,两者成因相同,只是白云化程度不同。

- (2)白云岩是在埋藏环境中较高温度条件下形成的。

- (3)白云岩的形成与峨眉山玄武岩有关。玄武岩的分布控制了白云岩的分布。

- (4)白云化水来自淋滤峨眉山玄武岩的大气降水,是淡水。

- (5)白云化所需的  $Mg^{2+}$  来自玄武岩中铁镁矿物的风化分解。

- (6)巨厚的玄武岩形成了高大的山脉,形成了巨大的高差和水压头,从而使淋滤玄武岩的大气降水源源不断地流向地下深处,为大规模白云化提供了必要条件。

## 参 考 文 献

- 1 冯增昭,杨玉卿,金振奎等.中国南方二叠纪岩相古地理[M].山东,东营:石油大学出版社
- 2 McCrea J M. On the isotopic chemistry of carbonate and a paleotemperature scale [J]. J. Chem. Phys., 1950, 18: 849~857
- 3 刘岫峰.沉积岩实验室研究方法[M].北京:地质出版社,1991
- 4 Steidtmann E. Evolution of limestone and dolomite [J]. J. Geology, 1911, 19: 323~345, 393~428
- 5 Van Tuy F M. The origin of dolomite [R]. Iowa Geol. Survey Ann. Rept., 1916, 25: 251~422
- 6 Alderman A R, Skinner H C W. Dolomite sedimentation in the South-East of South Australia [J]. Am. J. Sci., 1957, 255: 561~567
- 7 Curtis R, Evans G, Kinsman D J J, et al. Association of dolomite and anhydrite in the recent sediments of the Persian Gulf [J]. Nature, 1963, 197: 679~680
- 8 Pray L C, Murray R C. Dolomitization and Limestone Diagenesis [C]. SEMP Spec. Publ., 1965, 13: 180
- 9 Shinn E A, Cinsburg R N, Lloyd R M. Recent supratidal dolomite from Andros Island, Bahamas [A]. In: Pray L C, Murry R C, eds. Dolomitization and Limestone Diagenesis [C]. SEMP Spec. Publ., 1965, 13: 112~123
- 10 Hsu K J, Siegenthaler C. Preliminary experiments on hydrodynamic movement induced by evaporation and their bearing on the dolomite problem [J]. Sedimentology, 1969, 1-2: 11~25
- 11 Feng Zengzhao, Jin Zhenkui. Types and origin of dolostones in the Lower Paleozoic of the North China Platform [J]. Sedimentary Geology, 1994, 93: 279~290
- 12 Deffeyes K S, Lucia F J, Weyl P K. Dolomitization of recent and Plio-Pleistocene sediments by marine evaporite waters in Bonaire, Netherlands Antillies [A]. In: Pray L C, Murry R C, eds. Dolomitization and Limestone Diagenesis [C]. SEMP Spec. Publ. 1965, 13: 71~88

- 13 Badiozamani K. The Dorag dolomitization model -application to Middle Ordovician of Wisconsin [ J ] . J. Sed. Petrology, 1973, 43: 965 ~ 984
- 14 Carballo J D, Land L S, Miser D E. Holocene dolomitization of supratidal sediments by active Tidal Pumping, Sugarbaf Keg, Florida [ J ] . J. Sed. Petrology, 1987, 57: 153 ~ 165
- 15 Burns S J, Baker P A. A geochemical study of dolomite in the Monterey Formation, California [ J ] . J. Sed. Petrology, 1987, 57: 128 ~ 139
- 16 Mattes B W, Mountjoy E W. Burial dolomitization of the Upper Devonian Miette Buildup, Jasper National Park, Alberta. In: Zenger D H, Dunham J B, Ethington R L, eds. Concepts and Models of Dolomitization. SEPM Spec. Publ. 1980, 28: 259 ~ 297
- 17 Hardie L A. Dolomitization; a critical view of some current views [ J ] . J. Sed. Petrology, 1987, 57: 166 ~ 183
- 18 张荫本. 四川盆地二叠系中的白云化 [ J ] . 石油学报, 1982, 1: 29 ~ 33
- 19 陈明启. 川西南下二叠统新统白云岩成因探讨 [ J ] . 沉积学报, 1989, 45 ~ 50
- 20 Lee Yong Il, Friedman G M. Deep-burial dolomitization on the Ordovician Ellenburger Group carbonate, West Texas and Southeastern New Mexico [ J ] . J. Sed. Petrology, 1987, 57: 544 ~ 557
- 21 Zenger D H, Dunham J B. Concepts and models of dolomitization-an introduction [ A ] . In: Zenger, Dunham J B, Ethington R L, eds. Concepts and Models of Dolomitization [ C ] . SEPM Spec. Publ., 1983, 28: 1 ~ 9
- 22 Feng Zengzhao, Zhang Yongsheng, Jin Zhenkui. Types origin and reservoir characteristics of dolostones of Majiagou Group of the Ordovician, Ordos, North China Platform [ J ] . Sed. Geology, In Press
- 23 Graf D L, Goldsmith J R. Some Hydrothermal Syntheses of Dolomite and Protodolomite [ J ] . J. Geology, 1956, 64: 173 ~ 186
- 24 Choquette P W, Steinen R P. Mississippian non-supratidal dolomite, Ste. Genevieve Limestone, Illinois Basin; evidence for mixed-water dolomitization [ A ] . In: Zenger D H, Dunham J B, Ethington R L, eds. Concepts and Models of Dolomitization [ C ] . SEPM Spec. Publ., No. 28, 1980, 163 ~ 196
- 25 Land L S. The isotopic and trace element geochemistry of dolomites the state of the art. In: Zenger D H, Dunham J B, Ethington R L, eds. Concepts and Models of Dolomitization [ C ] . SEPM Spec. Publ., No. 28, 1980, 11 ~ 30
- 26 Folk R L, Land L S. Mg/Ca ratio and salinity: Two controls over crystallization of dolomite [ J ] . AAPG, 1975, 59: 60 ~ 68

## Origin of Dolostones of the Lower Permian in East Yunnan—West Sichuan ——Dolomitization through Leaching of Basalts

JIN Zhen-kui FENG Zeng-zhao

(University of Petroleum Beijing 102200)

### Abstract

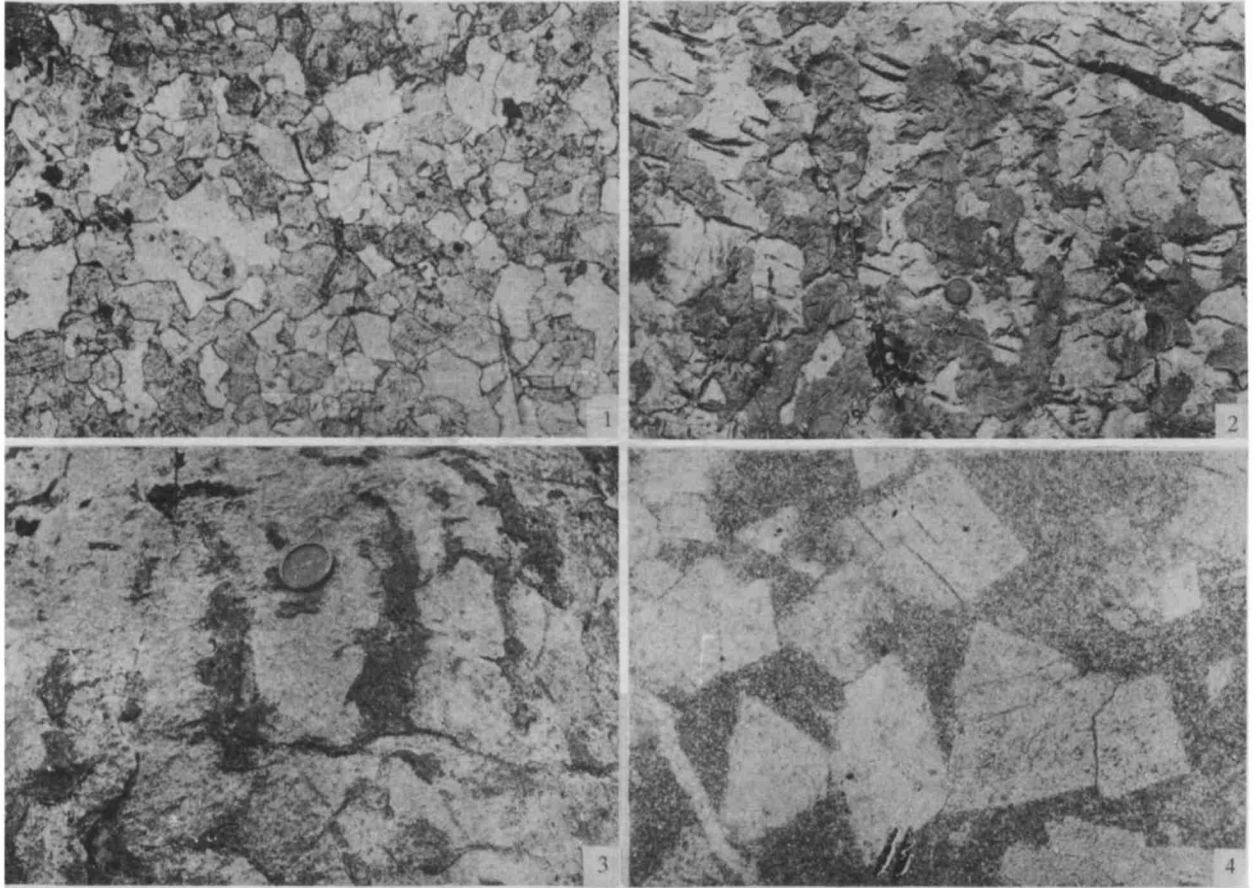
In the East Yunnan—West Sichuan area, dolostones are well developed and can be divided into two types: massive dolostones and patchy dolostones.

Massive dolostones are light gray and gray, and mainly consist of fine or medium dolomites. The  $\delta^{13}\text{C}$  is  $+0.8\text{‰} \sim +3.5\text{‰}$  (PDB) and averages  $+2.7\text{‰}$ ;  $\delta^{18}\text{O}$  is  $-6.8\text{‰} \sim -9.1\text{‰}$  (PDB) and averages  $-7.8\text{‰}$ . Sr is  $25 \times 10^{-6} \sim 52 \times 10^{-6}$  and averages  $39 \times 10^{-6}$ ; Na is  $52 \times 10^{-6} \sim 74 \times 10^{-6}$  and averages  $64 \times 10^{-6}$ . Patchy dolostones are gray and consist of dolomite patches and calcite patches, with dolomite patches over 50%. The dolomite patches are several centimeters to over 20 cm in size and consist of fine to medium dolomite crystals. The dolomite crystals are euhedral or subhedral and are commonly 60% ~ 90%. The  $\delta^{13}\text{C}$  is  $+3.1\text{‰} \sim +4.0\text{‰}$  and averages  $+3.6\text{‰}$ ;  $\delta^{18}\text{O}$  is  $-6.4\text{‰} \sim -8.1\text{‰}$  and averages  $-7.8\text{‰}$ . Sr is  $46 \times 10^{-6} \sim 68 \times 10^{-6}$  and averages  $55 \times 10^{-6}$ ; Na is  $60 \times 10^{-6} \sim 89 \times 10^{-6}$  and averages  $74 \times 10^{-6}$ .

Various data show that massive dolostones and patchy dolostones are the same in origin and different only in dolomitization degree. These dolostones were formed under burial conditions, and the dolomitizing water was fresh meteoric water leaching basalts. The  $\text{Mg}^{2+}$  for dolomitization came from weathering and dissolution of basalts. Very thick basalts formed high mountains, which formed great relief of landform and large water head and made the meteoric water leaching basalts flow deep into underground. Such water resulted in large scale dolomitization of limestones. Thus, the dolomitization mechanism in this area may be called "dolomitization

through leaching of basalts”.

**Key words** East Yunnan West Sichuan Lower Permian dolostone leaching of basalts



**图版说明:** 1. 块状白云岩, 白云石为细-中晶级, 多呈它形。昆明西山, 下二叠统栖霞组。单偏光,  $\times 40$ 。2. 斑状白云岩, 白云石斑块(深色)呈云朵状, 并沿垂直层面方向拉长, 其间为残余石灰岩斑块(浅色)。昆明西山, 下二叠统茅口组。镜头盖为比例尺; 3. 白云石斑块(深色)呈云朵状, 并沿垂直层面方向拉长, 其间为残余石灰岩斑块(浅色)。昆明西山, 二叠统茅口组。镜头盖为比例尺; 4. 白云石斑块中的半自形、自形中晶白云石, 其间为泥晶方解石。单偏光,  $\times 60$ 。