

试论白云岩化的另一种含义 ——排钙作用

张玉宾 梁祥济^① 宋国奇

(胜利油田地质科学研究所, 山东东营 257015)

本文以下第三系藻白云岩和奥陶系白云岩为试料、二次蒸馏水为介质, 在不同温度(100~200℃)、压力($100 \times 10^5 \sim 300 \times 10^5 \text{Pa}$)和时间(7~21天)下进行成岩模拟实验。实验结果表明, 白云石本身具有随温度升高以排钙和内部晶格调整的方式向理想白云石转化的内因。这一过程进行的结果是矿物自身体积缩小产生孔隙。

关键词 白云石 成岩模拟 排钙作用 内部晶格调整 白云岩化作用

第一作者简介 张玉宾 男 32岁 工程师 岩矿

白云岩是碳酸盐岩的主要岩石类型, 由于在地表条件下不能人工合成化学计量的理想白云石, 因此, 多年来, 对白云岩的成因机理并非完全清楚, 大多数学者认为白云岩是由白云石化作用的结果, 这里的“白云石化作用”一词的含义是交代作用, 也就是指含镁溶液对先期存在的碳酸盐矿物进行交代而形成白云石, 并且由此提出许多可以使这种交代机理得以实现的模式, 如, 蒸发泵吸、渗透回流、混合水等等。随后, 这些模式也被我国地质学界广泛引用发展, 根据这些机理来解释我国地层中不同时代的白云岩成因, 其中还包括白云岩晶间孔隙的成因, 认为白云石是按等离子方式交代方解石过程中形成的。20多年来, 类似的交代模式已成为解释白云岩及其晶间孔隙形成机理的主流。1994年, 笔者提出了富钙白云石向理想白云石转化的另一种途径——排钙作用, 需要指出的是, 在各时代地层中, 绝大多数白云岩是由富钙白云石组成。排钙作用模式的提出, 使那些无法用交代说解释的白云岩层以及晶间孔隙的形成得到比较合理的解释。所谓的白云石排钙模式主要是根据对岩石矿物学的观察和研究提出的, 但是缺少实验依据, 本文是从实验岩石学的角度来探索有关这一机理。

1 实验依据

1.1 前人的白云石合成实验及测试数据

理想白云石系化学计量的 $\text{Mg}/\text{Ca}=1:1$ 、有序度为100%的白云石; 相对于理想白云石, 那些富钙的、有序度小于100%的白云石统称为原白云石。从19世纪末以来, 前人做了大量的有关白云石的实验室人工合成和测试工作, 具体成果可概括为以下几个方面:

(1) 实验室中, 必须在高于200℃的温度条件下才能人工合成理想白云石, 而在200℃以下的温度范围内, 得到的白云石只能是富钙的白云石——原白云石。这也是地层中的白云岩成因机理没有弄清的主要原因。

① 地质矿产部地质研究所

(2)矿物热力学研究表明,相对于理想白云石,原白云石是欠稳定的,它具有向理想白云石转化的潜在势能,但是,它不能自发地转变为理想白云石。

(3)在常温、常压条件下人工合成的富钙白云石(原白云石),经过恒温(200℃)、恒压(150×10⁷Pa)一年后,有序度升高、晶胞参数缩小,晶体在结构上向理想白云石靠近。

(4)富钙白云石在523℃以上通过熔融,可以排出多余的钙而得到理想白云石。

1.2 白云岩低温、低压成岩模拟实验

上面的各种实验及测试结果表明,理论上,原白云石具有以排钙方式转化为理想白云石的潜在势能,那么,在地层深埋成岩条件下,白云岩是否能够实现这一排钙机理,从下面的两个成岩模拟实验中可初步得到肯定。

(1)以90%的雾迷山组(前寒武纪)白云岩和10%的花岗岩作为试料,二次蒸馏水为介质,在不同温度、压力、pH值、时间等因素条件下,进行一系列低温、低压成岩模拟实验结果表明,在其他条件相同时,溶液中的Ca²⁺、HCO₃⁻离子浓度随温度升高而升高,只有Mg²⁺离子浓度降低(在200℃时趋向零)(图1);压力变化对各种离子的浓度影响不大;当介质的pH值由5.5升高到8.5时,溶液中各种离子浓度变化也不大。这种随温度升高表现出来的Ca²⁺、HCO₃⁻等浓度升高而Mg²⁺离子降低现象显然不是单纯的表层溶蚀,正常的溶蚀作用应当是各种离子浓度同时都增加或降低。

(2)为了排除偶然因素和其他离子的影响,进一步专门采用单一的奥陶系白云岩和下第三系藻白云岩为试料,二次蒸馏水为介质,分别进行了相似的成岩作用模拟,同时,对模拟前后的样品做了X-衍射对比分析,测试了有序度、Mg/Ca比值、(104)峰的特征参数。测试结果与以前相似(表1、2、3),从而排除了试验结果的偶然性。重要的是,模拟前后的白云石X-衍射分析结果对比表明,白云石本身的内部晶格结构也发生了变化,有序度、Mg/Ca值明显提高,(104)峰半高峰宽变窄(表4)。因此,可以肯定,这不是单纯的表面溶蚀作用,而是与白云石自身的排钙和内部晶格调整有关。

以上各种实验结果综合分析表明:当温度升高到一定程度,原白云石向理想白云石转化的潜在势能就可以得到激发,实现排钙和内部晶格调整向理想白云石方向转化。严格地说,这种转化过程也应属于白云石化作用的范畴,只是这个过程与交代作用相反,它不需要有镁的来源。如果排钙通道畅通,必然产生晶间、晶内孔隙,这可能是解释前第三纪白云岩中至今仍保留有一定量的非溶蚀型孔隙最好的理由。当然,除温度外,其它如pH值、离子浓度、压力、地层状况、岩石结构等地层状态因素对白云岩演化也会有影响。其它一些细节问题尚需进一步通过模拟实验加以研究。

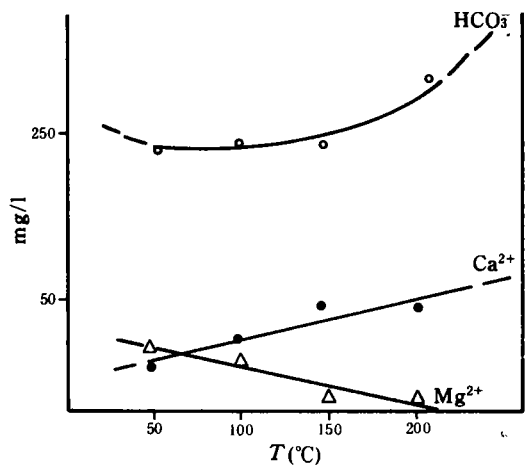


图1 水溶液化学成分随温度变化的曲线

(据梁祥济等,1994)

表 1 溶液中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 HCO_3^- 浓度与温度关系

| 样 品 | 水介质 | 实验压力 ($\times 10^5 \text{Pa}$) | 实验温度 ($^{\circ}\text{C}$) | 水溶液中离子的含量 mg/L | | |
|--------|-------|-------------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | | | Ca^{++} | Mg^{++} | HCO_3^- |
| 奥陶系白云岩 | 二次蒸馏水 | 200 | 100 | 81.62 | 22.66 | 97.63 |
| 奥陶系白云岩 | 二次蒸馏水 | 200 | 200 | 97.02 | 6.38 | 268.50 |
| 第三系白云岩 | 二次蒸馏水 | 200 | 100 | 29.26 | 11.22 | 122.00 |
| 第三系白云岩 | 二次蒸馏水 | 200 | 200 | 53.90 | 2.64 | 219.70 |

表 1、2、3、数据由地质矿产部地质研究所梁祥济及北京市地质工程勘察院实验室提供

表 2 溶液中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 HCO_3^- 的浓度与压力关系

| 样 品 | 水介质 | 实验温度 ($^{\circ}\text{C}$) | 实验压力 ($\times 10^5 \text{Pa}$) | 水溶液中离子的含量 mg/L | | |
|--------|-------|--------------------------------|-------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | | | Ca^{++} | Mg^{++} | HCO_3^- |
| 奥陶系白云岩 | 二次蒸馏水 | 200 | 100 | 103.20 | 6.82 | 219.70 |
| 奥陶系白云岩 | 二次蒸馏水 | 200 | 200 | 97.02 | 6.38 | 268.50 |
| 奥陶系白云岩 | 二次蒸馏水 | 200 | 300 | 112.40 | 7.04 | 146.40 |

表 3 溶液中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 HCO_3^- 浓度与实验持续时间的关系

| 样 品 | 水介质 | 实验压力 ($\times 10^5 \text{Pa}$) | 实验温度 ($^{\circ}\text{C}$) | 持续时间 (h) | 水溶液中离子的含量 mg/L | | |
|--------|-------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|
| | | | | | Ca^{++} | Mg^{++} | HCO_3^- |
| 奥陶系白云岩 | 二次蒸馏水 | 200 | 200 | 168 | 107.80 | 7.70 | 244.10 |
| 奥陶系白云岩 | 二次蒸馏水 | 200 | 200 | 336 | 97.02 | 6.38 | 268.50 |
| 奥陶系白云岩 | 二次蒸馏水 | 200 | 200 | 504 | 126.30 | 8.80 | 292.90 |

表 4 X-衍射分析结果

| 样 品 | 类 型 | MgCO_3 摩尔 (%) | 有序度 (%) | (104)峰半高 峰宽(mm) | 实验条件 |
|--------|-----|---------------------------|------------|--------------------|--|
| 第三系白云岩 | 原 岩 | 41.73 | 36 | 29.0 | 原始样 |
| 第三系白云岩 | 实验后 | 42.8 | 37 | 28.0 | 在二次蒸馏水中, 200 $^{\circ}\text{C}$ 200 巴条件下, 持续 14 天 |
| 奥陶系白云岩 | 原岩 | 48.09 | 65 | 22.5 | 原始样 |
| 奥陶系白云岩 | 实验后 | 48.70 | 68 | 22.0 | 在二次蒸馏水中, 200 $^{\circ}\text{C}$ 200 巴压力条件下持续 21 天 |

数据由地质矿产部矿床地质研究所 X-衍射实验室分析

2 结 论

完整的白云石化作用概念应具有二个含义。第一是通常的交代作用,也是最常见的一种成岩作用,它可以发生在任何成岩阶段和部位,一般认为在同生-准同生期最为普通。第二种即排钙作用,需要一定的温度,主要发生在深埋成岩阶段,在漫长的地质年代中,这一作用使先期存在的富钙白云石向理想白云石逐渐演化,这种方式是白云岩中孔隙形成的主要机理。

(收稿日期:1995年11月13日)

参 考 文 献

- 1 曾允浮,夏文杰主编. 沉积岩石学,北京:地质出版社,1989
- 2 冯增昭. 华北下奥陶统岩相古地理新探. 华东石油学院学报,1977,(3)
- 3 冯增昭等. 沉积岩石学,北京:石油工业出版社,1982
- 4 冯增昭等. 华北地台早古生界岩相古地理,北京:地质出版社,1990
- 5 冯增昭等. 沉积岩石学,北京:石油工业出版社,1993
- 6 王英华等. 华北地台早古生代碳酸盐岩石学,北京:地震出版社
- 7 刘宝珺等. 沉积岩石学,北京:地质出版社,1980
- 8 刘宝珺等. 沉积成岩作用,北京:科学出版社,1992
- 9 张玉宾. 济阳拗陷始新统藻白云岩成岩演化探讨,石油实验地质,1994,(1)
- 10 黄翠荣等. 我国部分地区白云岩石矿物学研究及意义,地质论评,1987,33(5)
- 11 梁祥济等. 低温低压下水-岩反应动力学实验中一些主要元素的变化规律. 岩石矿物学杂志. 1994(1)

A TRIAL-DISCUSSION ON THE ANOTHER IMPLICATION OF DOLOMITIZATION ——CALCIUM-DISCHARGE ACTION

Zhang Yubin Liang Xiangji Song Guoqi

(Geological Scientific Research Institute of Shengli Oil Field)

Abstract

In this paper, the Lower Tertiary algal dolomite and the Ordovician dolomite are taken as sampling material and secondary distilled water as a medium. The preliminary results of diagenesis modelling experiments under different temperature (100~200℃), pressure ($100 \times 10^5 \sim 300 \times 10^5 \text{Pa}$) and time (7~21 days) showed that dolomite itself has internal causes of changing into ideal dolomite with the rising of temperature in the ways of calcium-discharge action and internal latic adjustment. The outcome of this progress is that pores emerge with the volume reduction of mineral itself.