

# 济阳拗陷始新统藻白云岩 成岩演化探讨

张玉宾

(胜利油田地质科学研究所, 东营 257015)

本文应用岩石矿物学方法,对济阳拗陷始新统沙河街组四段上部不同埋深的藻白云岩岩心样品进行研究。结果表明,随着地层温度的升高,原白云石主要是以排钙和内部晶格调整的方式向理想白云石转变。这个过程产生了晶间孔隙。最后建立了藻白云岩的成岩演化模式。

关键词 始新统 藻白云岩 成岩演化 济阳拗陷

作者简介 张玉宾 男 30岁 工程师 岩矿

## 1 地质概况

济阳拗陷属于渤海湾盆地,位于黄河三角洲地区(图1)。在始新统沙河街组四段沉积时

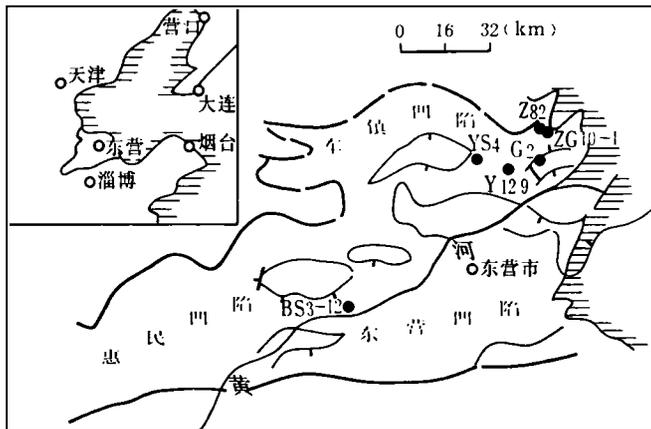


图1 济阳拗陷及取样井位置图

期,由于受海侵及气候干燥影响,水介质咸化严重,沉积了泥晶白云岩、灰岩及石膏盐岩层。随后,盆地水介质周期性受到淡化作用,除灰岩沉积外,在盆地的台地上分布有复礁体,主要造礁生物为中国技管藻和龙介虫<sup>①</sup>。在平面上,它们呈点状分布;在剖面上,主要呈不规则的透镜体状分布,岩性定名为藻白云岩,它的层位稳定,与上下灰岩的界线明显,藻体成分为白云质,成岩期有亮晶方解石、天青石等矿物充填(照片1),其破碎物(礁前相)及白云质颗粒

① 钱凯. 1984. 科学技术报告选编,胜利油田科学技术委员会,9~19页。



在灰岩中的轮廓也是明显的,从而排除了埋藏后成岩交代成因的可能,属于同生-准同生白云岩。本文分析样品主要是藻白云岩及其破碎物,其次对此做了泥晶白云岩(照片2)和下古生界细晶白云岩,取样井位分布见图1。

## 2 X 衍射分析特征

### 2.1 镁含量测定方法

白云石分原白云石和理想白云石。理想白云石的  $Mg/Ca$  为 1,在晶格中,镁离子和钙离子各自成层状与  $CO_3^{2-}$  层间互排列,有序度为 100%;而  $Mg/Ca$  低于 1 的白云石都称为原白云石。

白云石(104)X 射线衍射峰(2.88 Å)的位移,是镁离子层中部分镁离子被钙离子替换所引起的。它不受样品中方解石含量的影响。当有内标时,测量精度可达 0.02%(Mg·mol)(H. 布拉特等,1978;叶大年等,1984),理想白云石的  $d(104) = 2.8837 \text{ \AA}$ ,含有 56.97% 摩尔钙的白云石  $d(104) = 2.9048 \text{ \AA}$ 。根据  $\theta = \sin^{-1} \frac{\lambda}{2d}$  可求出这两种白云石(104)衍射峰的  $2\theta$  分别为  $30.9841^\circ$  和  $30.7535^\circ$  ( $CuK_2 \lambda = 1.5405 \text{ \AA}$ ),由此可求得钙含量每增加 1% 摩尔,  $2\theta$  变化为  $0.0331^\circ$ ;因此,白云石的  $MgCO_3$  摩尔含量可由下式求出:

$$MgCO_3 \text{ 摩尔}\% = 50 - \frac{30.9841 - 2\theta}{0.0331} = \frac{2\theta - 29.3291}{0.0331}$$

上式表明,可根据(104)衍射峰的  $2\theta$  求得白云石的镁含量。

### 2.2 测试结果

对分析的样品全部采用硅粉作内标,衍射仪扫描速度为每分钟  $\frac{1}{4}$  度,进行批量测定。测试出的镁含量(由  $2\theta$  计算求得)近似有序度( $I_{015}/I_{110}$ )衍射峰半高峰宽度及样品所在的地层温度列在表 1 中。不同白云岩(104)衍射峰可分为五种形态(图 2)。

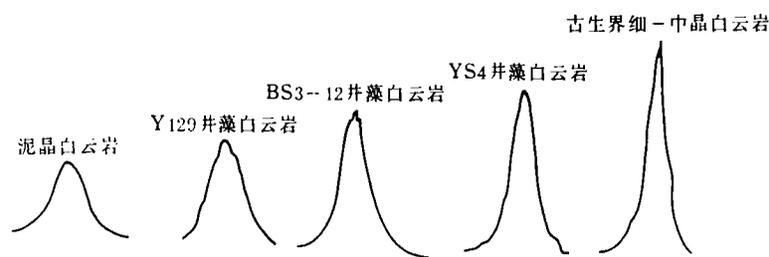


图 2 白云岩 X 射线衍射谱图(104)峰特征

由表 1 可见,位于同一凹陷相距很近的 YS4 井和 Y129 井藻白云岩的白云石镁含量、有序

表1 X衍射分析结果

层位	井号	井深 (m)	岩性	地温梯度 (°C/100m)	地温 (°C)	MgCO <sub>3</sub> 摩尔 (%)	近似有序度 (I <sub>105</sub> /I <sub>110</sub> )	(104)峰半高峰宽度(mm)
始新统 E <sub>3</sub> <sup>s1</sup>	BS3-12	1563	藻白云岩	4.5	85	43.5	0.21	38
	BS3-12	1567	藻白云岩	4.5	85	44	0.29	37
	BS3-12	1569.8	藻白云岩	4.5	85	44	0.18	38
	Y129	2476.6	藻白云岩	3.1	91	44.5	0.24	42
	Y129	2477.8	藻白云岩	3.1	91	43.5	0.14	41
	Y129	2478	藻白云岩	3.1	91	42.8	0.12	44
	Y129	2478.7	藻白云岩	3.1	91	43.5	0.14	42
	YS4	3024.1	藻白云岩	4	135	46.7	0.50	34
	YS4	3110.5	藻白云岩	4	138	47.1	0.35	31.5
	YS4	3111.6	藻白云岩	4	138	46.8	0.52	32
	YS4	3115	藻白云岩	4	138	47.8	0.43	34
	YS4	3138.7	藻白云岩砾屑	4	140	47.3	0.37	33
YS4	3167	泥晶白云岩	4	141	44.0	0.20	35	
下奥陶 O <sub>1</sub>	G2	1721.7	灰色显微晶白云岩	3.5	74	48.3	0.87	25
	G2	2016.3	深灰色泥晶白云岩	3.5	85	46.9	0.55	31
	G2	2191	灰色细晶白云岩	3.5	91	48.4	0.83	24
	G2	2242.4	浅灰色中晶白云岩	3.5	93	48.2	0.86	24
	G2	2255.5	浅灰色粗晶白云岩	3.5	94	48.9	0.85	24
	ZG10-1	3790	浅灰色细晶白云岩	3.5	147	47.9	1	22
	ZG10-1	3798	浅灰色中晶白云岩	3.5	147	47.6	1	21
	Z82	3843	浅灰色中晶白云岩	3.5	149	48.6	0.99	23

\* 地表平均温度取 14.5°C

度、(104)衍射峰半高峰宽度差别很大(平均镁含量为 47.1%和 43.6%摩尔;平均有序度为 0.43和 0.16;平均半高峰宽度为 33mm和 42.3mm)。在离 YS4井和 Y129井较远的 BS3-12井藻白云岩中,白云石的平均镁含量(43.8%)、平均有序度(0.23)及(104)峰半高峰宽度(37.6mm)正好处在前二者之间。但地层温度(85°C)却低于 Y129井(91°C),原因是由于现在的地层温度不是成岩过程中的最高温度,或者说现在的深度不是最大埋深。阶梯状石榴石和碎屑石英的次生加大地热温度计已证实本地区(如平方王地区)地层温度比计算值低 10°C左右(周自立等,1987)。所以,藻白云岩的镁含量,有序度和均匀化程度随地层温度的升

高逐渐向理想白云石靠近。此外,比较而言,隐晶白云岩的镁含量及有序度异常低,而(104)峰半高峰宽度较大。

### 3 白云岩成岩变化讨论

上述分析结果表明,藻白云岩的镁含量、有序度随地层温度的升高而逐渐增加。对于这种变化只有两个途径,即镁的不断进入,或钙的不断排出。镁的进入实际上就是通常的交代作用,主要是与水介质的性质有关,首先镁源是必不可少的,其次需大量的溶液流经岩石,以完成白云岩化作用过程。薄片及电镜研究证明,藻白云岩是同生期的产物,在成岩期没有白云岩化现象;在产状上,藻白云岩呈透镜体状甚至斑状(对于孤立的破碎物及颗粒)存在于致密的泥晶灰岩中,富镁液体也很难交代。白云石(104)衍射峰的半高峰宽度随地层温度的升高而变小,说明白云岩中的白云石在向理想白云石转化的过程中逐渐趋向均一化,如果是交代产物,白云岩中的白云石应当是非均一的。因此,藻白云岩中镁含量的增加必然是另一个途径——钙的排出造成。

白云石能否排钙,结合其矿物特性及以往的实验可以得到肯定。首先,原白云石相对于理想白云石是欠稳定的,它具有向理想白云石转化的潜在势能;其次,实验证明,在自然条件下人工合成的原白云石经过恒温(150℃)、恒压(10<sup>7</sup>Pa)一年后,有序度升高,单位晶胞缩小,向理想白云石接近(黄翠荣等,1987),当温度进一步升高到520℃~832℃时,熔融可以从原白云石中除掉过剩的钙而达到平衡(G. V. 奇林格等,1978;罗宾·巴瑟斯特,1977)。这表明原白云石自身具有向外排钙的内在条件,要使这一转变能够进行,还需要外部因素。其中,温度升高和一定的时间是最基本的条件。藻白云岩随地层温度升高所表现出逐渐向理想白云石靠近的现象主要是排钙和内部晶格调整的结果。

白云石单纯的排钙必然导致其体积的缩小,表2为由Mg<sup>40</sup>Ca<sup>60</sup>原白云石向理想白云石

表2 Mg<sup>40</sup>Ca<sup>60</sup>原白云石向理想白云石转变产生的孔隙变化

转变产物	排出的 CaCO <sub>3</sub> (%)	产生的近似孔隙度(%) <sup>*</sup>
Mg <sup>41</sup> Ca <sup>59</sup>	2.09	2.3
Mg <sup>42</sup> Ca <sup>58</sup>	4.17	4.5
Mg <sup>43</sup> Ca <sup>57</sup>	6.25	6.7
Mg <sup>44</sup> Ca <sup>56</sup>	8.33	8.96
Mg <sup>45</sup> Ca <sup>55</sup>	10.42	11.2
Mg <sup>46</sup> Ca <sup>54</sup>	12.5	13.4
Mg <sup>47</sup> Ca <sup>53</sup>	14.58	15.6
Mg <sup>48</sup> Ca <sup>52</sup>	16.67	17.8
Mg <sup>49</sup> Ca <sup>51</sup>	18.76	20.0
Mg <sup>50</sup> Ca <sup>50</sup>	20.85	22.3

\* 不考虑白云石转变所产生的比重变化,由计算得出

转变过程中,白云石单纯排钙所引起的原晶体缩小的百分数理论计算值。比如,由  $Mg^{40}Ca^{60}$  原白云石转变到  $Mg^{48}Ca^{52}$  原白云石过程中,至小可产生 17.8% 的空间。扫描电镜观察证实,在镁含量相对高的 YS4 井藻白云岩中,晶间孔隙非常发育(照片 3),孔径多小于  $1\mu m$ ,连通性好,在大孔隙中有亮晶方解石充填;而在镁含量较低的 Y129 井和 BS3-12 井藻白云岩中晶间孔隙则不发育(照片 4),这种现象非常普遍。

图 3 所示为藻白云岩的成岩演化模式。在理想的演化模式中排出来的方解石体积要略大于白云石自身缩小所形成的孔隙。因此,如果排出去的钙不能及时运移出去而堵塞孔喉,那么,孔隙不但不能增加反而会减少,最终导致这种过程难以继续下去。泥晶白云岩表现出的镁含量及有序度异常低,认为与排钙孔喉不顺畅有关。藻白云岩有大量的架间孔,有利于白云石排钙。由此看来原始孔隙度或孔隙的连通性发育程度是白云岩排钙顺利与否的关键因素。

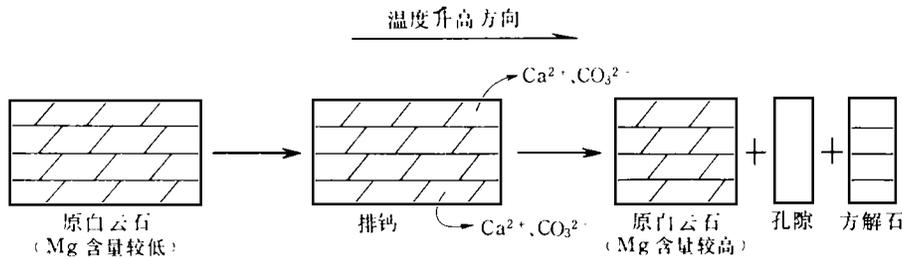


图 3 藻白云岩成岩演化模式

对下古生界白云岩的扫描电镜观察表明,除晶间孔隙外,普遍发育有晶内孔隙(照片 5),而且在“雾心亮边”白云石中,晶内孔隙主要集中在“雾心”内,在“亮边”中却很少(照片 6)。这可能是白云石排钙的遗迹,由于“亮边”是成岩过程中的加大边,已与外界条件达到平衡,所以不再排钙,除非形成后地层温度又进一步升高。

#### 4 结论

(1)原白云石具有向理想白云石转化的潜在势能,这是矿物本身的特性,当外界条件满足时,转化就会进行。在地层中的转化条件主要是温度和排钙孔喉的发育程度,其次是足够长的时间来达到平衡。

(2)原白云石向理想白云石转化仅是白云岩成岩现象之一,它与常见的溶蚀、交代、重结晶等成岩作用没有明显的联系。

(3)不同成因类型的白云岩因其结构不同,致使成岩演化过程中排钙孔喉发育程度有差异,这可能是影响白云石转化结果的根本原因。藻白云岩因原生孔隙发育且连通性好,在成

岩过程中白云石排钙顺利,所以随地层温度升高变化明显,而泥晶白云岩则不明显。

(收稿日期:1991年2月11日)

### 参 考 文 献

- 1 H·布拉特,G·V·米德顿,R·C·穆雷. 沉积岩成因. 北京:科学出版社,1978
- 2 叶大年等.X射线粉末法及其在岩石学中的应用. 北京:科学出版社,1984
- 3 周自立,吕正谋. 山东胜利油田第三系碎屑岩的埋藏成岩作用与储层评价. 地球科学,1987,12(3):312~315
- 4 黄翠荣,张光荣,王英华. 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):453~454
- 5 G·V·奇林格等. 沉积学的进展——碳酸盐岩. 北京:石油化学工业出版社,1978
- 6 罗宾·巴瑟斯特. 碳酸盐沉积物及其成岩作用. 北京:科学出版社,1977

## A PRELIMINARY STUDY ON THE EVOLUTION OF DOLOMITE-DIAGENESIS IN SOME FORMATIONS OF THE JIYANG DEPRESSION

Zhang Yubin

(*Geological Research Institute of Shengli Oil Field*)

### Abstract

With the basis of petrological and mineralogical studies on the algal-dolomitic cores sampled from the different depths of the upper 4th Member of the Shahejie Fr. ( $E_2$ ) and a part of the paleozoic system, it is suggested that the change of proto-dolomite into ideal-dolomite should occur along with the increasing temperatures through the calcium excretion and the adjustment of inner crystal lattices. By such an evolution, the inter-pores developed in dolomitic formations and consequently, the evolutionary models can be established for the algal-dolomite diagenesis.