

文章编号:1000-0550(2000)03-0424-07

鄂尔多斯地区奥陶系马家沟群 中部块状白云岩的深埋藏白云石化机制

张永生

(中国地质科学院盐湖资源与环境开放研究实验室;中国地质科学院矿产资源研究所 北京 100037)

摘要 鄂尔多斯地区奥陶系马家沟群中部发育一套厚层块状白云岩。在西部地区定边至鄂托克旗一带,这套块状白云岩连续厚度达数百米。定探1井揭示的最大厚度为431 m。自西向东,白云岩体由厚变薄,并与石灰岩呈指状交织。这套块状白云岩由粗粉晶—细晶白云石组成,斑状结构发育。常见云斑的边界为缝合线,这表明斑状白云石化明显受缝合线控制。

白云岩有序度平均值为0.85, CaCO_3 摩尔含量平均为50.65 g/mol。 $\delta^{13}\text{C}$ 的平均值为0.6‰(PDB), $\delta^{18}\text{O}$ 的平均值为-7.4‰(PDB)。主体细晶白云石中液态包体常见,最低均一温度为104 ℃,包体成分中含有大量的有机成分 CH_4 和无机成分 H_2S 。

上述特征表明,这套白云岩是由深埋藏白云岩化作用形成的,它显示出良好的储集性能,是重要的后备储集岩。

关键词 奥陶系 块状白云岩 深埋藏白云石化

第一作者简介 张永生 男 1963 出生 副研究员 博士后 沉积学及盐湖学

中图分类号 P588.24*5 **文献标识码** A

1 地质背景

鄂尔多斯地区位于华北地台的西部,西至贺兰山西麓,南至秦岭,东至吕梁山,北至阴山,横跨陕、甘、宁、晋、蒙五省区,面积约32万 km^2 (见图1)。

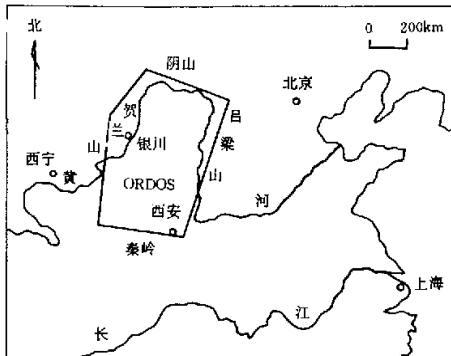


图1 研究区位置图

Fig.1 Location of the study area

鄂尔多斯地区奥陶系自下而上分为冶里组、亮甲山组、马家沟群(包括马一组、马二组、马三组、马四组、马五组、马六组)、平凉组及背锅山组。奥陶系上覆地层为石炭系,下伏地层为上或中寒武统。

在本区马家沟群中,白云岩在每个组都有不同程度的分布,类型也较多,其含量占全区岩石的一半以上。

在诸多类型的白云岩中,最常见的亦即最重要的有四类,即:不与膏盐层共生的泥晶—泥粉晶白云岩、与膏盐层共生的泥晶—泥粉晶白云岩、粉晶—极细晶白云岩(细砂糖状白云岩)、粗粉晶—细晶白云岩(粗砂糖状白云岩)^[1]。前两类属准同生白云岩,后两类属准同生后白云岩。

其中,粗粉晶—细晶白云岩(粗砂糖状白云岩)主要分布在马家沟群中部的马四组,在西部地区的定探1井、定探2井、鄂6井一带,包括马三组和马五组的全部或大部。这套白云岩呈块状产出,故称之为“块状白云岩”。

白云岩是本区下古生界重要的储集岩。马家沟群中部的块状白云岩的储集空间以孔隙这主,裂缝次之。孔隙类型主要为晶间孔、晶间溶孔及溶孔(图版I-6),裂缝主要为成岩裂缝(包括晶间缝、层间缝、缝合线等)及构造裂缝。其孔隙度一般为2.0%~6.0%,渗透率为 $0.1 \times 10^{-3} \sim 5.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。储层类型主要有两类,即孔隙型储层和孔隙—裂缝型储层。储层级别多为II—III类储层。这套块状白云岩中的储层是鄂尔多

斯地区下古生界重要的后备储层。

2 岩矿特征

露头及岩芯的观察表明,白云岩体呈厚层块状,在西部地区的定探1井、定探2井至鄂6井一带,连续厚度达数百米,白云化的强度中心位于定边地区,定探1井揭示的最大厚度为431 m。自西向东,白云岩的厚度逐渐减薄,白云岩体由连续块状体过渡为断续透镜体直至薄的豆荚体(见图2)。

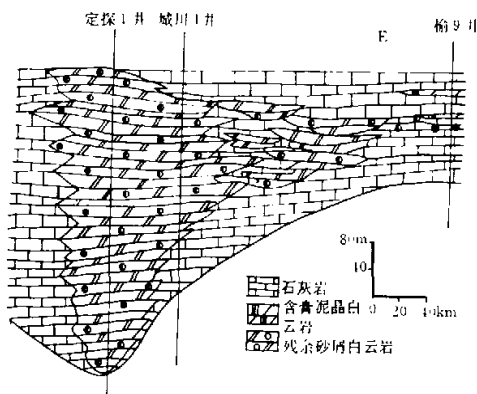


图2 马家沟群中部块状白云岩体分布断面图

Fig.2 Section of the massive dolostone in the middle Majiagou Group

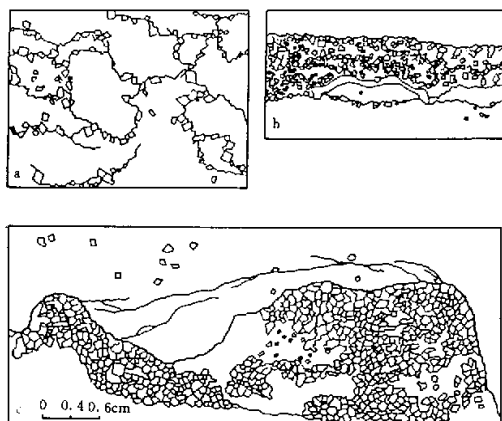


图3 定探2井马三组下部受缝合线控制的云斑素描

Fig.3 Sketch map of dolomitic spots limited by stylolites in the lower Majiagou Fm. III, Well 2 Ding Tan

岩石的颜色为深灰色、灰色、褐灰色,斑状结构尤其发育。“斑”由颜色和晶粒的差异来显示,“斑”的形态多种多样,有条带状、云朵状及不规则状。

岩石中不同级别的缝合线很发育。岩芯观察常见

幅差3~15 mm的顺层缝合线。镜下观察多见幅差在0.5~2.0 mm的残余缝合线,这类缝合线被白云石晶粒切割呈断续状(图版I-1,2)。常见云斑的边界就是缝合线(见图3,图版I-2,3),这说明云斑的分布是受缝合线控制的。这些现象表明,大规模白云石化作用的发生是在缝合线出现之后。

岩石具残余生屑、残余砂屑等残余结构。残余砂屑一般只能隐约见其轮廓,残余生屑主要见海百合茎、介形虫等(图版I-4)。

在阴极发光下,白云石呈均匀的昏暗褐红色发光。

灰质(含灰)白云岩、云质(含云)石灰岩等过渡类型的岩石是不完全白云石化的产物。在这类过渡岩石中,可见缝合线呈平行束状或网状发育。云斑多沿缝合线的下方发育,邻近缝合线白云石化作用较强,向下逐渐减弱。白云石呈星散状分布于灰泥中,直至消失,这也说明白云石化是在缝合线形成之后发生的。在云斑外围的灰泥中,呈星散状分布的白云石晶粒较粗,自形,细晶-中晶。在阴极发光下,云斑及其周围呈星散状分布的自形白云石与云斑中的白云石具完全一致的发光性。这表明云斑及其周围分散状的白云石为同期形成的产物。当白云石化较弱时,岩石以灰质成分为主,云斑互不相连。随着白云石化的增强,则云斑连接成片,乃至形成斑状白云岩。

3 地球化学特征

为配合这套块状白云岩的成因研究,我们对代表样品进行了X衍射、氧碳同位素、矿物包体等地球化学测试分析。现将各类测试结果及其提供的成因信息分述如下。

3.1 X衍射特征

X衍射分析旨在确定白云石的有序度和CaCO₃摩尔含量^[2,3]。

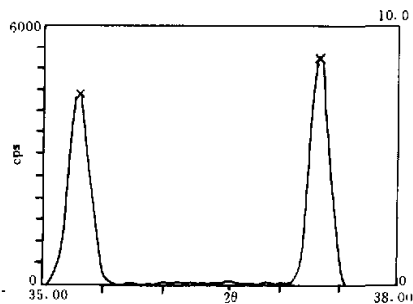


图4 定探1井马四组块状白云岩的X衍射图谱

Fig.4 X-ray diffraction patterns of massive dolostones Majiagou Fm. IV, Well 1 Dingtan

图4为马四组块状白云石的X衍射图谱,主要反映白云石的(105)和(110)两个晶面的衍射情况。

从图4中可以看出,(015)晶面的峰强 I_{015} 为4380(CPS), 2θ 角为 35.30° , d_{104} 值为2.54;(110)晶面的峰强 I_{110} 为5213(CPS), 2θ 角为 37.34° , d_{104} 值为2.41。

白云石的有序度是用白云石的(015)和(110)两个衍射峰的峰强比 I_{015}/I_{110} 近似地反映。白云石的 I_{015}/I_{110} 的比值越大,表明有序度相对越高,当比值为1时属理想状态下的完全有序。

CaCO_3 摩尔含量是通过白云石的最强衍射的面网间距值(d_{104})来确定的。 CaCO_3 摩尔含量可按式计算:

$$N_{\text{CaCO}_3} = Md + B$$

式中 N_{CaCO_3} 为白云石晶格中的 CaCO_3 摩尔含量, $M=333.33$, $B=-911.11$, d 为样品的 d_{104} 值。

X衍射分析数据(见表1)表明,组成这套块状白云岩的有序度为0.81~0.95,平均为0.85; CaCO_3 摩

尔含量为50.4 g/mol~51.8 g/mol,平均为50.65 g/mol。高的有序度和低的 CaCO_3 摩尔含量,说明近于理想的、化学计量的白云石形成于成核结晶速度较缓慢的、相对稳定的成岩环境中。

3.2 氧碳同位素特征

白云石的氧碳同位素组成取决于白云石化介质的氧、碳同位素组成,并主要受介质的盐度和温度的控制和影响。因此,成化介质中形成的白云石一般具较高的 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 值。由于 $\delta^{13}\text{C}$ 主要取决于初始沉积环境的介质,因而大气淡水的渗入对 $\delta^{18}\text{O}$ 的影响比对 $\delta^{13}\text{C}$ 的影响要明显得多。海水环境中的沉积物及深埋藏成岩环境中的成岩产物,其 $\delta^{13}\text{C}$ 多为正值,而 $\delta^{18}\text{O}$ 则随埋深的增大、温度的升高而负值增大。

全岩样品的氧碳同位素分析数据(见表1)表明,这套块状白云岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为0.18‰~1.40‰(PDB),平均值为0.61‰; $\delta^{18}\text{O}$ 值为-6.55‰~-8.58‰,平均值为-7.43‰。 $\delta^{18}\text{O}$ 出现高负值有两种情况:或是大气淡水的加入,或是深埋藏环境中高温的影响。在这里后者的影响是主要的(论述见下)。

表1 马家沟群中部块状白云岩的X衍射及氧碳同位素等分析数据

Table 1 Analytical data of massive dolostones in the middle Majiagou Group

岩石	有序度		$N_{\text{CaCO}_3}/\%$		$\delta^{13}\text{C}/\%$ (PDB)		$\delta^{18}\text{O}/\%$ (PDB)	
	样品数	平均值	样品数	平均值	样品数	平均值	样品数	平均值
极细晶-细晶白云岩	67	085	67	50.65	67	0.61	67	-7.43

为了进一步弄清块状白云岩中组成“斑”的白云石(晶粒较粗部分)和组成“基质”的白云石(晶粒较细部分)的成岩介质有何差异,特对定探1井块状白云岩的“斑”和“基质”分别用牙钻取样进行分析。图5为“斑”

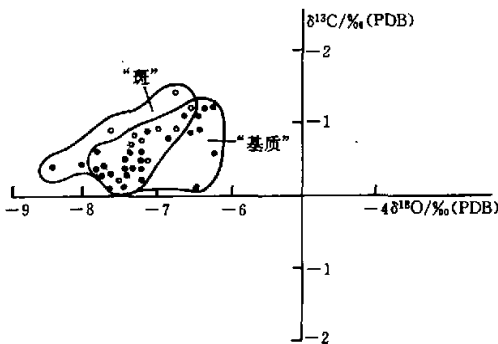


图5 定探1井马四组块状白云岩中“斑”和“基质”的氧碳同位素分布散点图

Fig. 5 Scattered diagram showing the site of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ of "spot" and "matrix" in massive dolostones of Majiagou Fm. IV, Well 1 Dingtan

和“基质”白云石的氧、碳同位素分布散点图。

从图5中可以看出,“斑”中白云石的氧碳同位素值在坐标中的分布比“基质”的总体上偏左些。“斑”中白云石的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为0.18‰~1.40‰(PDB),平均为0.61‰; $\delta^{18}\text{O}$ 值为-6.55‰~-8.58‰,平均为-7.43‰;“基质”中白云石的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为0.06‰~1.24‰,平均为0.63‰; $\delta^{18}\text{O}$ 值为-6.27‰~-7.87‰,平均为-7.06‰。“斑”和“基质”相比,二者的 $\delta^{13}\text{C}$ 值基本相同,而“斑”的 $\delta^{18}\text{O}$ 的负值更偏高些。这说明“斑”中白云石的成岩温度可能比“基质”中白云石的成岩温度更高些,埋深更大些。

马家沟群中部的块状白云岩 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值为0.61‰(PDB),而海南岛儋县近代潮间礁坪上混合水白云岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-3.47‰~-5.54‰(PDB)⁽⁴⁾,美国威斯康星米夫林(Mifflin)段混合水白云岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-2.00‰(PDB)⁽⁵⁾,可见本区块状白云岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 值比混合水白云岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 值要高得多。显然,其成因与混合水白云石化相差较远,而与 $\delta^{13}\text{C}$ 一般为正值的深埋藏成岩环境相一致。

3.3 包体地球化学特征

包体是矿物形成过程中被捕获的成矿介质,被称为成岩成矿流体的样品。它是矿物最重要的标型特征之一,可以作为译解成矿作用尤其是内生矿作用的密码^[6]。

到目前为止,在对块状白云岩的成因研究方面,国内外有关文献所报道的包体研究只限于孔隙充填的方解石或白云石中的包体^[7,8],而对组成块状白云岩的主体白云石中包体的研究还未曾有报道。

表2 大探1井马四组块状白云岩的主体细晶白云石中包体的特征及均一温度

Table 2 The characteristics and homogeneous temperatures of inclusions contained in host fine crystalline dolomites of massive dolostones of Majiagou Fm. IV of Well 1 Dingtan

序 号	1	2	3	4	5	6	7
大小/ μm	11×10	10×5	6×5	13×5	13×8	11×10	8×8
充填度/%	92	90	89	89	89	89	89
均一温度/ $^{\circ}\text{C}$	146	128	126	145	188	173	176
序 号	8	9	10	11	12	13	14
大小/ μm	10×5	18×9	15×4	10×8	13×8	8×5	8×5
充填度/%	89	86	86	86	85	85	80
均一温度/ $^{\circ}\text{C}$	168	131	183	142	146	104	201
序 号	15	16	17	18	19	20	21
大小/ μm	8×5	10×6	10×4	13×5	8×4	8×8	5×5
充填度/%	80	80	75	75	74	70	70
均一温度/ $^{\circ}\text{C}$	247	203	292	335	289	349	355

从表2中可以看出,充填度为80%~90%的包体的均一温度在104~188 $^{\circ}\text{C}$ 之间,充填度为60%~80%的包体的均一温度在201~355 $^{\circ}\text{C}$ 之间(所测温度未经压力校正)。

这里仅以所测温度的最低值104 $^{\circ}\text{C}$ 来衡量白云石化的介质温度。这个温度值说明,形成细晶云斑的水介质为水温不低于104 $^{\circ}\text{C}$ 的热水。这也说明 $\delta^{18}\text{O}$ 的高负值,主要是深埋藏环境下高温影响的结果。

表3是五个典型原生包体的拉曼光谱分析数据。

从表3中可以看出,所测包体的气相和液相均由有机成分和无机成分两部分组成。就有机成分而言,包体的气相和液相中普遍含有甲烷,气相中甲烷的含量为13.7%~23.2%,液相中甲烷的含量为8.0%~32.0%,乙烷和丙烷只见于部分包体中;就无机成分而言,硫化氢在包体中亦较多见,其含量为10.4%~17.5%。

包体成分中含有大量的有机成分甲烷和无机成分硫化氢,更进一步证实了其主体矿物形成于深埋藏的高温、还原的白云石化环境中。

鉴于这种情况,作者对本区马家沟群中部块状白云岩的主体白云石中的包体进行了细致的观察和研究。结果表明,在组成“基质”的晶粒较细的主体白云石中,包体较少见,在组成“斑”的晶粒较粗的主体白云石中,含有大量的气-液两相包体,有时见含固相子矿物的三相包体。原生包体一般较小,多数在5~10 μm 之间,少数达15~20 μm ,形态不一,呈孤立状散布(图版I-5)。包体中的气泡一般不见明显的布朗运动现象。包体的均一测温结果见表2。

4 成因讨论

综上所述,鄂尔多斯地区奥陶系马家沟群中部的块状白云岩是在深埋藏环境下,地下的热水以多层分布的次生孔隙为主要通道,以层间缝和缝合线为辅助通道,使其途经的浅滩相及台地相石灰岩发生白云石化而形成的,是深埋藏环境下的热水交代成因的白云岩。

关于这套块状白云岩的成因,还有一些具体的细节问题,现择其主要的讨论如下。

4.1 关于镁离子的来源

深埋藏白云石化所需的镁离子的来源是多方面的。就本区马家沟群中部、主要分布在马四组的块状白云岩而言,在盆地中央庆阳古隆起上,在马四期发生准同生白云石化时,形成的大量富余的高镁封存水,为后期的白云石化作用提供了主要的镁离子来源。

4.2 关于介质运移的通道

在庆阳古隆起和盆地北部的伊盟古隆起之间的鞍部地带,即定边至鄂托克旗一带,由于加里东阶段的长

表3 定探1井马四组块状白云岩的主体细晶白云石中包体的成分
Table 3 The liquid composition of inclusions contained in the host fine crystalline dolomites of massive dolostones of Majiagou Fm. IV of Well 1 Dingtan

岩石	主矿物	气相/%								层位
		有机成分				无机成分				
		CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₂ H ₄	CO ₂	H ₂ S	SO ₂	H ₂ O(G)	
细晶白云岩	细晶白云石	13.7				32.5	10.7	20.3	22.8	马四组
细晶白云岩	细晶白云石	23.2				46.7	17.5	12.6		
细晶白云岩	细晶白云石	20.5			16.5	47.1	10.4	5.5		
细晶白云岩	细晶白云石	20.5	16.4	11.9		38.4		12.8		
细晶白云岩	细晶白云石									

岩石	主矿物	液相/%								层位
		有机成分				无机成分				
		CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₂ H ₄	CO ₂	H ₂ S	SO ₂	H ₂ O(L)	
细晶白云岩	细晶白云石	18.0					13.0	20.0	49.0	马四组
细晶白云岩	细晶白云石	8.0				24.0	15.0	17.0	36.0	
细晶白云岩	细晶白云石	32.0				37.0			27.0	
细晶白云岩	细晶白云石	18.0	10.0		20.0	39.0	13.0			
细晶白云岩	细晶白云石	12.0	5.0			25.0		5.0	53.0	

期风化剥蚀,导致马四组直接位于奥陶系顶部的不整合面之下。此区域不整合面的存在为浅滩相颗粒石灰岩在深埋藏阶段完全彻底的白云石化提供了很好的介质运移的通道。

在马四期沉积时,由于海平面的多次波动,曾出现多次沉积间断。当碳酸盐沉积物或固结半固结的石灰岩处于间歇性暴露时,在表生淡水淋滤作用下,形成垂向上呈多层发育的溶蚀孔隙。这些多层发育的孔隙,在加里东阶段抬升期间,经历长达1亿多年的古岩溶改造。这样在不整合面及其之下数百米的深度范围内形成的多层溶蚀孔隙,为后期长时间的白云石化作用提供了有效的介质流通的空间和通道。

4.3 关于白云石化所需的稳定环境

在白云石化作用最强的定边地区,白云岩体连续厚度达431 m。如此巨厚的块状白云岩体的形成,必须要有持续稳定、有利于白云石化的环境和足够的时间作保证。

从阴极发光特征来看,白云岩中的主体白云石呈均匀的昏暗褐色发光,这表明形成白云岩的介质性质是基本不变或变化不大的,即成岩环境是相当稳定的。

从X衍射分析结果来看,其CaCO₃摩尔含量平均值为50.65 g/mol,说明此类白云石为微富钙的比较接近于化学计量的白云石。白云石的有序度平均值为

0.85,高的有序度,反映白云石成核结晶的速度缓慢,成岩环境是稳定的。

阴极发光特征和X衍射分析结果均表明白云石化环境的持续稳定性。而深埋藏环境正是所需的这种环境。

4.4 关于白云石化作用的温度

主体细晶白云石中包体的均一测温结果表明,其均一温度变化范围为104~355℃(未经压力校正)。这里谨以所测温度的最低值104℃,来衡量白云石化的环境温度。这个温度值说明,形成主体白云石的白云石化介质是温度不低于104℃的热水。

4.5 关于白云石化作用的时间、深度及阶段

去白云石化现象在鄂尔多斯地区中东部奥陶系顶部不整合面之下的马五组准同生白云岩中普遍可见,这是由于位于该不整合面之下的马五组,在加里东阶段抬升期间,长期遭受淡水的表生淋滤所致。此外,位于该不整合面之下的、庆阳隆起上的马四组泥晶—细粉晶准同生白云岩,因淡水淋滤而造成的去白云石化现象亦较常见。然而,在同样位于该不整合面之下的、定边—鄂托克旗一带的、马家沟群中部的块状白云岩中,自上而下基本未见去白云化现象,说明此块状白云岩并没有经历长达1亿多年之久的风化淋滤。由此可见,这套块状白云岩应主要是在加里东构造幕之后的埋藏环境下形成的。

马家沟群中部的块状白云岩普遍具斑状结构。“斑”的边界多受缝合线控制(见图3)。宏观和微观现象均表明,云斑的形成晚于缝合线。一般认为,压溶缝合线形成的最浅深度为600 m左右^[9],也就是说,斑状白云石化的起始深度应在600 m以下。

如果按这一地区的古地温梯度平均值3.98℃/100 m计算,与介质温度104℃相当的埋藏深度大约为2600 m左右,即相当于本区侏罗系沉积后的深度。按照现在的压实地层厚度推算,大规模白云石化应始于二叠纪中期,即相当印支海西阶段的中晚期,彻底的白云石化作用一直持续到燕山阶段早期。

由此可见,从云斑石灰岩形成开始,到斑状白云岩形成结束,经历的埋藏深度从600 m到2600 m或更深,跨越的时代从二叠纪中期到侏罗纪末,持续的时间大约1亿年左右,历经的构造幕由印支海西阶段的中晚期到燕山阶段早期。

在差异压实作用下,在深层水头压力和区域应力场的控制下,埋藏的地层水在顺层渗流的过程中,长期地、源源不断地输送镁离子,并带走钙离子。随着埋深的增加和地温的增高,地层水不断升温,直到变成温度不低于104℃的热水。热水交代使得白云石化作用更容易进行,并对早先浅埋时形成的云斑起改造作用。

热水白云石化作用及溶蚀作用还使得早先发育的多层溶蚀孔隙变成另一种性质完全不同的孔隙系统,即白云石的晶间孔和晶间溶孔系统,但原来在垂向上孔隙呈多层分布的格局仍保持下来。

参 考 文 献

- 1 Feng Zengzhao, Zhang Yongsheng, Zhang Chuanlu, Kang Qifa, Dolostones of the Ordovician Majiagou Group of Ordos, North China. 30th International Geological Congress Abstract, 1996, 2:210
- 2 黄思静. 碳酸盐岩实验室研究方法(一)[J]. 矿物岩石, 1990, 10(1): 114~117
- 3 刘毓峰主编. 沉积岩实验室研究方法[M]. 北京:地质出版社, 1991
- 4 沙庆安. 西沙群岛和海南岛现代和全新世碳酸盐海相成岩作用—兼谈海相表成(海相淡成)灰岩及其意义[A]. 沉积岩石学研究(论文集)[C]. 北京:科学出版社, 1981. 226~242
- 5 Badiozamani K, The drag dolomitization model - application to the middle Ordovician of Wisconsin[J]. Sed. Petrology, 1973, 43(4):965~984
- 6 何知礼. 包体矿物学[M]. 北京:地质出版社, 1982 ~
- 7 Lee Yong IL, Friedman. G.M. Deep - burial dolomitization in the Ordovician Ellenburger Group carbonates, west Texas and Southeastern New Mexico[J]. Jour. Sed. Petrology, 1987, 57(3):544~557
- 8 李安仁, 张锦泉, 郑荣才. 鄂尔多斯盆地奥陶统白云岩成因类型及其地球化学特征[J]. 矿物岩石, 1993, 13(4):41~49
- 9 郝石生, 贾振远编著. 碳酸盐岩油气形成和分布[M]. 北京:石油工业出版社, 1989. 63~73

Mechanism of Deep Burial Dolomitization of Massive Dolostones in the Middle Majiagou Group of the Ordovician, Ordos Basin

ZHANG Yong-sheng

(Laboratory of Salt Lake Resources and Environment,

Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Abstract

There is a suit of massive dolostones(as MD hereafter)which develop in the middle Majiagou Group of the Ordovician in the Ordos basin. It is mainly distributed in Majiagou Fm. IV, and it has several hundred metres at the zone of Dingbian County to Eteke Qi in the west part of Ordos basin, with maximum thickness 431 m in Dingtan Well 1. It becomes thinner and thinner from west to east, and is intercalated with limestones from the middle to eastern part of Ordos.

The MD consist of coarse silt - sized to fine sand - sized dolomite crystals. The mottled texture is well developed in such dolostones, and the boundary of dolomitic spots is commonly stylolites. It shows that mottled dolomitization is obviously controlled by stylolites.

The dolomites have uniform dar red colour under cathodoluminescence.

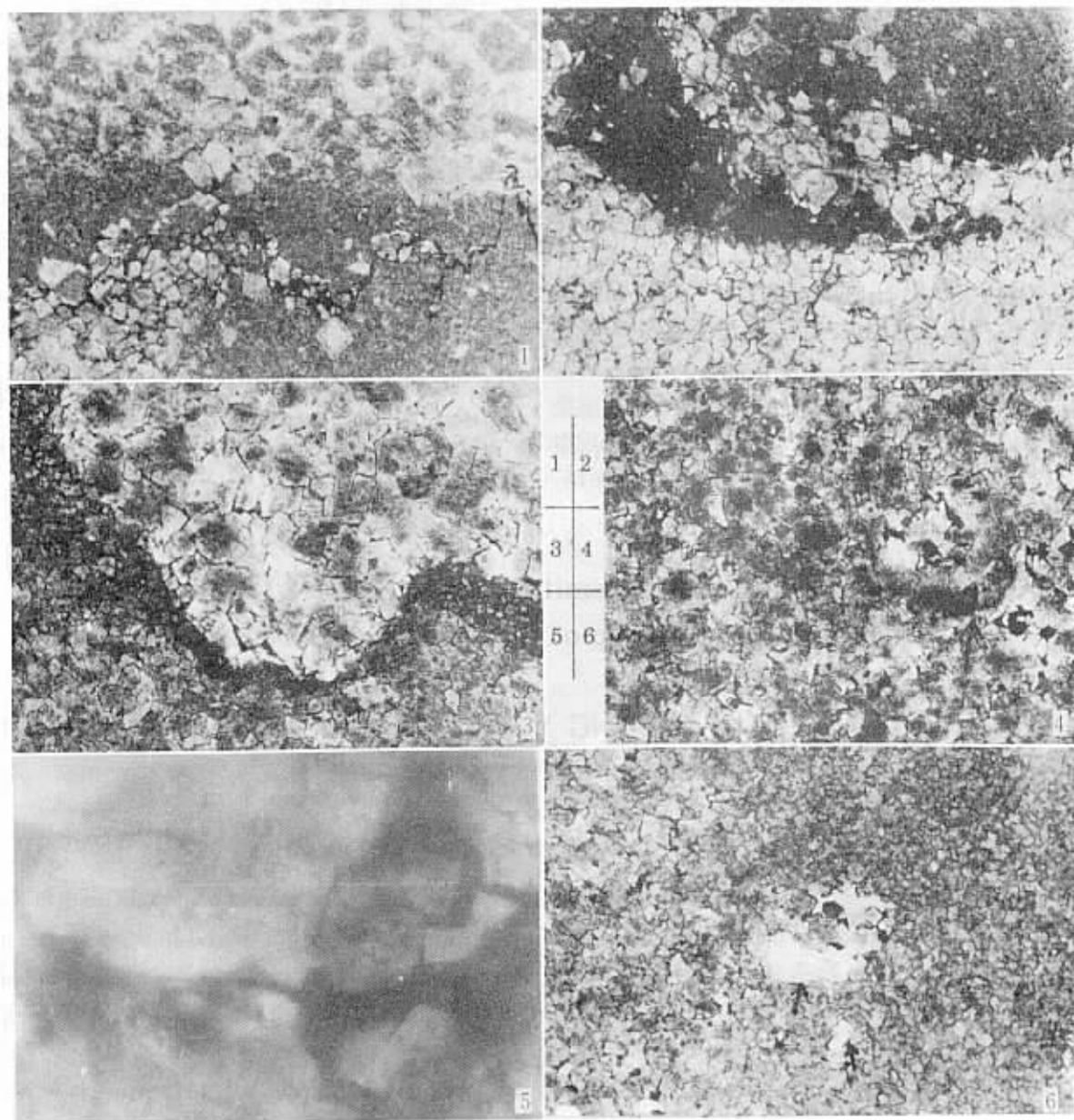
The analytical data of 67 samples shows the ordering of dolomites averages 0.85, and the molar concentration of CaCO₃ averages 50.65%; δ¹³C averages 0.6‰(PDB), δ¹⁸O averages -7.4‰(PDB). The characteristics of cathodoluminescence and X - ray indicate approximate ideal dolomites are formed in stable diagenetic environment of slow conclear and crystalization. The homogeneous temperature of 21 primary inclusions in the host crystals is from

104℃ to 355℃ (uncorrected by pressure), and the temperature of 104℃ is the lowest one. According to the earth temperature gradient of 3.98℃/100m in this area, the maximum burial depth of dolomitization is at least 2 600 m.

Besides, the composition of inclusions has two parts—organic and inorganic and there is a certain of CH₄ both in gas phase and in liquid phase.

All characteristics above prove that the huge thick dolostone body is formed in deep burial dolomitic environment.

Key words Ordovician massive dolostones(MD) deep burial dolomitization



图版 1 说明:1. 上部为亮晶砂屑石灰岩,下部为灰泥石灰岩,其中白云石晶粒沿缝合线分布,并切割缝合线。鄂6井,井深3 922.7 m,马三组,单偏光,×31;2. 云斑石灰岩。云斑的分布完全受缝合线控制。鄂6井,井深3 854.5 m,马三组,单偏光,×31;3. 极细晶—细晶斑状白云岩。云斑以缝合线为边界,鄂6井,井深3 848.0 m,马四组,单偏光,×31;4. 细晶残余颗粒白云岩。暗色阴影为残余砂屑,照片左侧的半圆颗粒为残余海百合茎。定探1井,井深3 922.7 m,马四组,单偏光,×31;5. 主体细晶白云石中的包体(箭头所指),大小为(5×3.5) μm(右上)、(5×1.5) μm(左下)。定探1井,井深3 944.9 m,马四组,单偏光,×310;6. 粗粉晶—细晶斑状白云岩。细晶云斑中晶间孔、晶间溶孔、溶孔发育。定探1井,井深3 906.5 m,马四组,单偏光,×31