

鄂尔多斯盆地东部下奥陶统白云岩 成因及储集特征

覃建雄 曾允孚

(成都理工学院沉积地质研究所 610059)

杨俊杰

(长庆石油勘探局勘探开发研究院, 甘肃庆阳 745101)

鄂尔多斯盆地东部下奥陶统碳酸盐岩白云岩化可划分为蒸发泵-渗透回流白云岩化、混合水(早期和晚期)白云岩化、埋藏压实流(非脉状)铁白云岩化和构造热液(脉状)白云岩化四种成因模式。成岩早期混合水粉晶(颗粒)白云岩和中晶残余颗粒白云岩平均孔隙度2.64%, 渗透率 $7.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 是区内主要的储集岩, 后生期铁白云石脉与油气藏分布具明显的一致性, 发育 H_2O 、 CO_2 气液包裹体和烃类气液两相流体包裹体, 是寻找油气的重要线索。

关键词 沉积相 成因 沉积地球化学 矿物包裹体 白云岩化 模式 储集特征

第一作者简介 覃建雄 男 25岁 硕士 储层沉积学

一、地质概况

鄂尔多斯盆地东部位于华北克拉通地块的西缘(图1)。下奥陶统厚约1000 m, 埋深约4000 m, 成层稳定, 分布广泛。顶部风化壳厚20—100 m, 与上覆中石炭统呈角度不整合接触。下伏地层为寒武系。

下奥陶统属向上变浅的陆表海碳酸盐沉积体系, 具有沉积基底起伏小、环境局限、水体浅、能量低、蒸发作用强烈、沉积作用单一的特点。根据岩石类型、结构构造、生物组合及测井曲线特征等, 可分为潮坪相、浅滩相、泻湖(膏盐湖)相、开阔台地相(图2)。自下而上由冶里-亮甲山组($\text{O}_1 y-l$)、下马家沟组($\text{O}_1 m_{1-3}$)、上马家沟组($\text{O}_1 m_{4-5}$)三个向上变浅层序构成。顶部发育暴露成因沉积构造、冲刷侵蚀面或平行不整合面, 是三次三级周期海进—海退海平面变化产物。白云岩构成区内最重要的储集岩, 产气层(即上马家沟组顶部 $\text{O}_1 m_5^{+4}$)位于风化壳顶部。

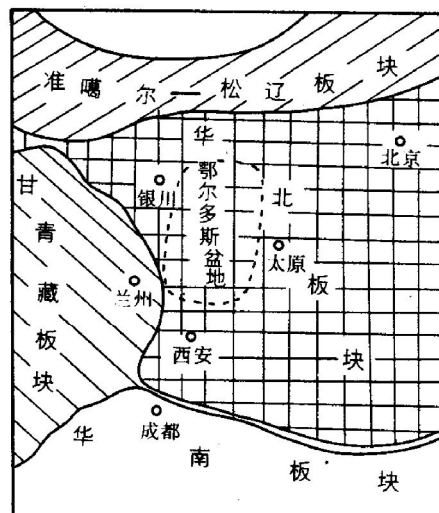


图1 鄂尔多斯盆地构造位置图

二、白云岩成因

(一) 组构类型及岩石学特征

1. 与蒸发岩共生的微晶(颗粒)白云岩——Ⅰ类白云岩

分布于马一段(O_1m_1)、马三段(O_1m_3)和马五段5—10分段($O_1m_5^{5-10}$)。与蒸发岩共生或互层,具水平纹层、鸟眼和干裂(图版1-1, 2, 3)。白云石结构微晶它形,大小均一,颗粒内部结构保存良好。表明是在准同生期形成的。

2. 具雾心亮边的粉晶(颗粒)白云岩、中晶残余颗粒白云岩和豹斑白云岩——Ⅱ类白云岩

该类白云岩规模大数量多最具普遍意义。产状主要有三种:(1)中厚层状,具一定层位,分布广泛而稳定。白云石以半自形为主,细—中晶,少量粗晶,呈镶嵌状,较脏,雾心亮边,从残余结构看,原岩多为浅滩相颗粒灰岩,主要分布于冶里-亮甲山组(O_1y-l)。(2)白云岩呈斑块状交代原岩(即豹斑白云岩)。呈斑块状、树枝状、网状、串珠状,不受原岩组构的影响,受成岩收缩缝、微裂隙及微缝合线严格控制,显然是在成岩期之后形成的。白云石细晶自形,雾心亮边,主要分布于马四段(O_1m_4)。(3)似层状、透镜状,分布于马五段(O_1m_5)上部主气层1—4分段($O_1m_5^{1-4}$),白云石粉晶自形,雾心亮边。

3. 沿后期大缝合线及构造裂隙分布的粗晶铁白云石——Ⅲ类白云石

该类白云石形成较晚,分布局限,仅见于陕参1井、林1井、林2井、榆3井、麒参1井。有脉状和非脉状之分,前者沿构造裂隙分布,与围岩呈突变接触,脉壁富集沥青质*;后者呈斑状、条带状充填于后期大缝合线及深部溶蚀孔洞中,普遍与结晶粗大的黄铁矿共生,具铁泥质环带和波状消光*。

(二) 地球化学特征

通过氧碳同位素、微量元素、X-射线衍射、阴极发光和扫描电镜研究发现,不同成因类型白云岩其地球化学特征各异。

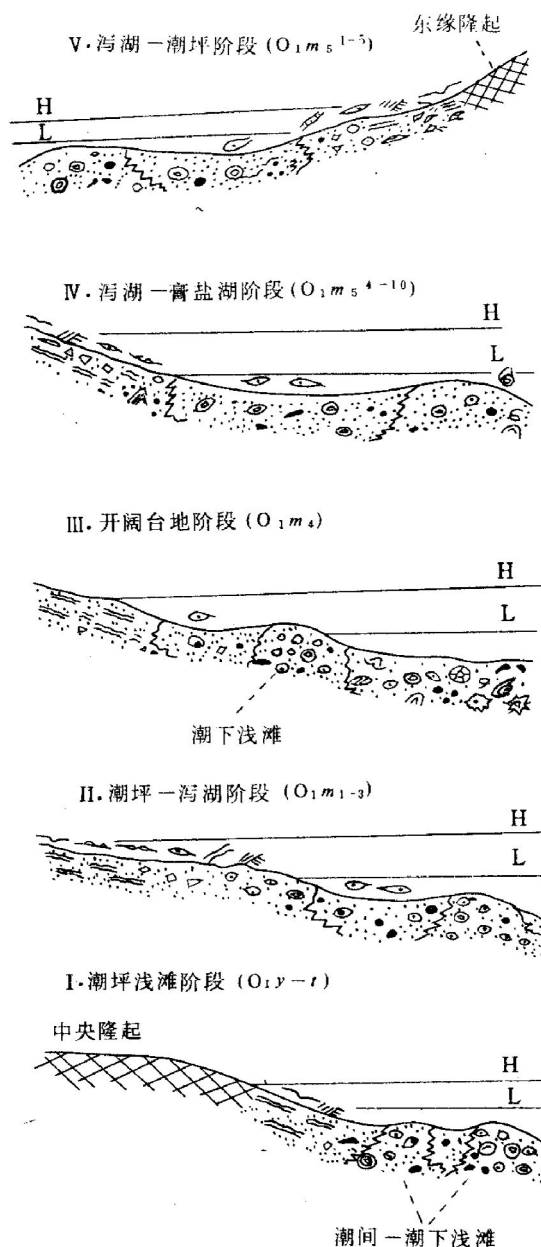


图2 不同阶段沉积环境演化略图

Ⅰ类白云岩的 $\delta^{18}O$ 、 $\delta^{13}C$ 相对偏正,富重同位素,平均 $\delta^{18}O$ 5.224‰PDB, $\delta^{13}C$ -1.367‰PDB(表1),弥散度低, $\delta^{18}O$ -4.654‰—5.647‰PDB, $\delta^{13}C$ -0.742‰—2.352‰PDB, $CaCO_3$

* 覃建雄. 鄂尔多斯盆地东部下奥陶统沉积地质特征及含油气条件评价(研究生毕业论文), 1990

克分子含量变化大(表 2),有序度最低平均 0.789,最富 Cl^- 、 Na^+ 、 Sr^{2+} (Sr^{2+} 平均 318.5×10^{-6}),最贫 Mn^{2+} 、 Fe^{2+} (Fe^{2+} 平均 425.25×10^{-6} , Mn^{2+} 72.25×10^{-6}),在阴极射线下发暗蓝光或弱发光(因蒸发浓缩卤水中的 Sr^{2+} 和 Ce^{3+} 所致)^[1]。表明该类白云岩的形成与高 Mg/Ca 比值、竞争离子丰富、成核作用迅速的强烈蒸发浓缩卤水有关。

表 1 不同成因类型白云岩的氧碳同位素组成及微量元素含量特征表

样 号	地 层	名 称	结 构	产 状	稳定同位素组成				微量元素含量 (10^{-6})					
					$\delta^{18}\text{O}\text{‰}$ (PDB)		$\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ (PDB)		Sr^{2+}		Mn^{2+}		Fe^{2+}	
					范围	平均	范围	平均	范围	平均	范围	平均	范围	平均
sd5-4	O_1m_5^6	微晶白云岩	微晶它形	与蒸发岩共生或互层	-5.400	-5.224	-2.352	-1.367	237	318.50	75	72.25	400	425.30
sd5-5	O_1m_5^7				-5.647		-1.073							
sd5-6	O_1m_5^8				-4.654		-0.742		400		70		450	
sd5-7	$\text{O}_1\text{m}_5^{10}$				-5.275		-1.307							
sd5-2	O_{1y-l}	残余颗粒白云岩	中粗晶自形	似层状	-10.247	-8.590	-2.456	-1.067	20	23.21	150	153	850	9500
sd5-3	O_{1y-l}				-9.876		-0.923		15		172		1050	
sd4-1	O_1m_4	豹斑白云岩	细晶自形	豹斑状	-8.789		-0.072							
sd4-3	O_1m_4				-8.876		-1.237		18		140		900	
sd5-1	O_1m_5^3	粉晶颗粒白云岩	粉晶自形	透镜状	-9.607	-11.200	-0.624	-1.097		175		340		18700
sd5-2	O_1m_5^3				-7.805		-0.821		40		150		1000	
sd5-3	O_1m_5	铁白云石	巨晶自形	脉状	-15.427	-11.200	-1.327	-1.097	175	175	340	340	18700	18700
sd5-1	O_{1y-l}			斑状	-7.809		-0.821							

表 2 不同成因类型白云岩的 X-射线衍射分布数据表

样 号	地 层	名 称	结 构	产 状	d_{104}	d_{015}	d_{110}	$\text{CaCO}_3\%$	1 015/1 110	
									范 围	平 均
sd5-4	O_1m_5^6	微晶白云岩	微晶它形	与蒸发岩共生或互层	2.900	2.231	3.200	54.72	0.697	0.789
sd5-5	O_1m_5^7				2.886	2.460	2.980	50.00	0.826	
sd5-6	O_1m_5^8				2.885	2.340	2.500	49.66	0.936	
sd5-7	$\text{O}_1\text{m}_5^{10}$				2.898	2.440	3.450	51.01	0.699	
sy-2	O_{1y-l}	残余颗粒白云岩	中粗晶自形	似层状	2.886	2.537	2.403	50.004	1.056	1
sy-3	O_{1y-l}				2.888	2.472	2.327	50.43	1.062	
sd4-1	O_1m_4	豹斑白云岩	细晶自形	豹斑状	2.887	2.534	2.400	50.33	1.056	
sd4-3	O_1m_4				2.885	2.481	2.322	49.68	1.069	
sd5-2	O_1m_5^3	粉晶颗粒白云岩	粉晶自形	透镜状	2.900	2.330	2.280	53.50	1.000	1
sd5-3	O_1m_5^3				2.884	2.310	4.090	49.92	1.053	
sd5-1	O_1m_5^1	铁白云石	巨晶它形	脉状	2.899	1.680	1.380	53.00	1.217	1
sd5-2	O_1m_5^2			斑状	2.895	2.538	2.399	50.05	1.074	

Ⅱ类白云岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 偏负,平均 $\delta^{18}\text{O} - 8.59\text{‰PDB}$, $\delta^{13}\text{C} - 1.067\text{‰PDB}$, 弥散度大, $\delta^{18}\text{O}$

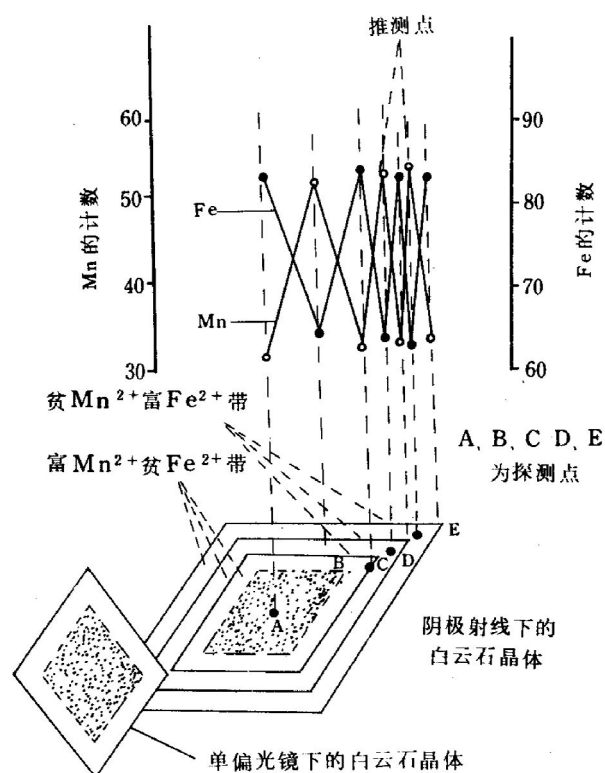


图3 白云石晶体发光特征与 Mn、Fe 含量及分布的关系图
(用 EDX 计数表示)

—6.58‰—10.25‰PDB, $\delta^{13}\text{C}$ 为—0.072‰——2.456‰PDB (表1), 与混合水白云岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 值 ($\delta^{18}\text{O}$ —5—+5‰PDB, $\delta^{13}\text{C}$ —10—+3‰PDB)^[2]接近。CaCO₃ 克分子含量 50.65%, 有序度高, Fe²⁺、Mn²⁺ 含量分别为 9500×10^{-6} 和 153×10^{-6} , Cl⁻、Na⁺、Sr²⁺ 含量最低 (Sr²⁺ 平均 23.25×10^{-6})。在阴极射线下发光性不均一, 具不发光的颗粒阴影和由无(弱)发光暗窄带和强发光亮宽带构成的亮暗宽窄相间的环带结构, 环带发光性从颗粒中心向边缘由暗红光到橙黄光再到极亮红光, Fe²⁺、Mn²⁺ 分带现象(暗带为富 Fe²⁺ 贫 Mn²⁺ 带, 亮带为贫 Fe²⁺ 富 Mn²⁺ 带)明显(图3)。说明成因与淡水的周期性影响有关。

Ⅲ类白云石的 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 值明显偏负平均 $\delta^{18}\text{O}$ —11.2‰PDB, $\delta^{13}\text{C}$ —1.097‰PDB, 分布较集中 $\delta^{18}\text{O}$ —7.805‰—15.427‰PDB, $\delta^{13}\text{C}$ 为—0.821‰—1.372‰PDB, 有序度高, 最富 Fe²⁺、Mn²⁺ (Fe²⁺ 平均 18700×10^{-6} , Mn²⁺ 平均 340×10^{-6}), Sr²⁺ 含量一般 (平均 175×10^{-6}), 在阴极射线下发光(因其中 Fe²⁺ 含量过高, 导致阴极发光猝灭)^[3]。表明该类白云石形成于温压高、

还原性强、富 Fe²⁺、Mn²⁺、贫 O¹⁸ 的深埋环境中。

(三) 矿物包裹体特征

通过观察研究发现, I、Ⅱ类白云岩几乎不含任何矿物包裹体, 只有Ⅲ类白云石富含矿物包裹体。其中, 斑块状、条带状等非脉状铁白云石仅含 H₂O、CO₂ 流体包裹体, 而脉状铁白云石则富含气液两相流体包裹体, 气相包裹体成分主要是 CH₄, 其次为 CO₂, 液相包裹体主要为液态烃 CnH_{2n} 和少量 H₂O (图版 I-4)。从矿物包裹体成分及均一温度(表3)中可看出:

表3 白云石中包裹体成分及均一温度表

样号	地层	名称	结构	产状	测定包体个数 (个)	包 裹 体 成 分										均一温度(℃)	
						气 相			液 相							范 围	平均值
						CH ₄	CO ₂	H ₂ O	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻		
sd5-3	O ₁ m ₃ ³	铁白	巨晶	脉状	4	120	240	715	1.42	9.73	7.85	1.71	11.9	9.31	143	120—165	142.25
sd5-2	O ₁ m ₃ ³	云石	自形	斑状	2	95	120	240	0.27	1.65	19.73	0.41	12.3	/	51	45—75	60

(1) 区内有两期铁白云石化, 非脉状铁白云石形成温度相对较低(45—75℃, 平均 60℃), 流体包裹体量少, 不含烃类流体包裹体, 推测形成早于有机质的热成熟作用, 并与深埋阶段早期埋藏压实流白云岩化有关; (2) 脉状铁白云石形成温度相对较高(120—165℃, 平均 142.25℃), 矿物包裹体类型广, 数目多, 富含烃类气液两相流体包裹体(图版 I-4)。可见,

其形成于高温压及强还原的深埋环境中,并晚于非脉状铁白云石和有机质热成熟作用;(3)脉状铁白云石成岩流体介质为 $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ 型,流体包裹体中常含 FeS_2 和 NaCl 子砂物, Cl^- 含量高,表明其形成与地下深部高盐度 ($>15\text{wt}\%$) 热液活动有关^[4];(4)按该区正常地温梯度 ($3.25^\circ\text{C}/100\text{m}$) 计算,非脉状铁白云石形成的地温深度约为 2012m,与其所处深度 (2208m) 相当,而脉状铁白云石的地温深度约 4380m,远大于其所在深度 (2350m),显示了明显的地热异常。说明前者为正常地温梯度条件下的产物,后者与深部构造热液活动有关;(5)区内三叠纪末大量有机质热成熟作用与燕山期构造活动造成的地热异常有关;(6)铁白云石脉壁富集沥青质,并富含烃类气液两相流体包裹体,说明构造裂隙在被铁白云石充填之前曾是油

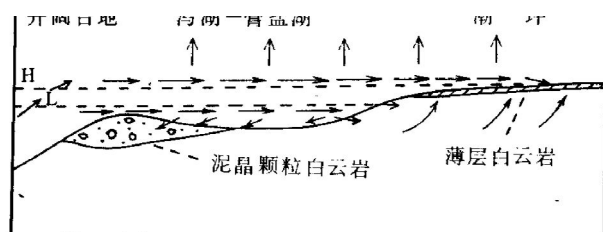


图4 蒸发泵-渗透回流白云岩化模式

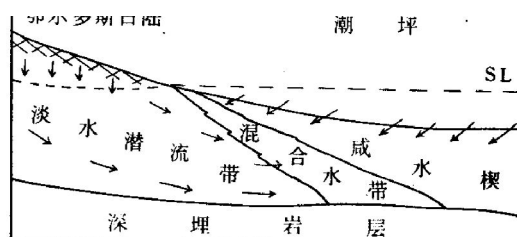


图5 混合水白云岩化模式

2. 混合水白云岩化

该模式适用于解释Ⅱ类白云岩的成因。

(1) 中晶残余颗粒白云岩的成因

冶里-亮甲山组 ($\text{O}_{1g} - \text{O}_{1l}$) 为半自形中晶残余颗粒白云岩,呈似层状、透镜状,与上覆马家沟组马一段 (O_{1m_1}) 呈平行不整合。从古地理分析,当时为古陆边缘潮坪(浅滩),有利于淡水、海水相混合,并导致成岩早期混合水白云岩化(图5)。模式表明,白云岩化发生在淡水透镜体与咸水楔状体相混合的近地表成岩环境中,混合水带随着海进或海退的方向迁移,经历了从海水经混合水到淡水的盐度连续降低的变化过程,从而形成具一定层位和相标志的似层状中晶残余颗粒白云岩。

(2) 豹斑白云岩的成因

如前所述,其原岩为开阔台地相颗粒泥晶灰岩和泥晶颗粒灰岩,上覆为马家沟组马五段 (O_{1m_5}) 泻湖-膏盐湖相沉积。在埋藏过程中,上覆地层中富 Mg^{2+} 的卤水沿着成岩收缩缝、微裂隙、微缝合线及孔隙下渗,进入已处于地下水潜流带中的泥晶颗粒灰岩和颗粒泥晶灰岩,淡水提供水压力(重力驱动),下渗卤水提供 Mg^{2+} 的来源,在潜流带中发生成岩晚期混合水白云

岩化。因下渗卤水受限, Mg^{2+} 的来源亦有限, 故白云岩化程度较弱, 分布不均匀, 多呈斑块状、串珠状或网格状产出。

(3) 粉晶(颗粒)白云岩的成因

该类白云岩分布于马家沟组马五段(O_1m_5)风化壳顶部, 与上覆中石炭统呈角度不整合接触。古地理表明, 马五段(O_1m_5)晚期, 该区处于泻湖—湖坪环境, 东缘逐渐抬升^{*}。由于蒸发作用造成沉积物的准同生白云岩化, 进入浅埋淡水运移带, 超咸孔隙水与淡水混合, 发生叠加于准同生微晶(颗粒)白云岩之上的成岩早期混合水白云岩化。

3. 埋藏压实流白云岩化和构造热液白云岩化

根据铁白云石有脉状与非脉状之分, 提出两种铁白云岩化模式, 即埋藏压实流白云岩化和构造热液白云岩化。前者用于解释非脉状不含烃类流体包裹体、形成温度较低的铁白云石成因。在深埋阶段早期, 由于强烈的压实压溶作用, 岩石中压出富 Mg^{2+} 的孔隙—封层卤水, 因大量粘土矿物的蚀变释放出部分 Mg^{2+} , 某些高镁方解石质生物屑(红藻、绿藻、苔藓虫、海绵动物、底栖有孔虫、腹足类等)在成岩过程中也出溶一定量的 Mg^{2+} ^[5]形成富 Mg^{2+} 的埋藏流体, 当其沿晚期大缝合线或溶蚀孔洞缝运移时就在有利条件下发生铁白云岩化。后者用于解释富含烃类两相流体包裹体、均一温度高、与沥青质密切共生的脉状铁白云石成因。多源富 Mg^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Fe^{2+} 、贫 O^{18} 的高温热液(构造热液、深部热液及循环热液)^[5]在沿着深部构造裂隙体系运移时, 不断萃取围岩中的气、液态烃, 当运移到有利的构造部位(如释压的裂隙)并在一定的地质、物理及化学条件下沉淀, 形成脉状铁白云石。

三、白云岩储集特征

理论上白云岩化可提供 12%—13% 的孔隙度^[6], 实际上白云岩化既可增大孔隙度亦可减少孔隙度, 储集性能与其产状、成因、组构及白云岩化程度密切相关。

(一) 准同生微晶(颗粒)白云岩

分布于中部榆林—绥德沉降凹陷地区(图6)马家沟组马一段(O_1m_1)、马三段(O_1m_3)和马五段5—10分段($O_1m_5^{5-10}$)。孔隙类型有晶间孔、鸟眼孔、干缩缝和少量溶蚀孔洞, 大多数被石盐、石膏、白云石和方解石所充填, 孔隙结构属单一介质似孔隙型(图7), 呈孤立的小孔小喉。最大孔隙度 1.2%, 最小孔隙度仅 0.1%, 平均孔隙度约 0.5%, 最大渗透率 $0.004 \times 10^{-3} \mu m^2$, 最小渗透率仅 $0.0001 \times 10^{-3} \mu m^2$, 平均渗透率为 $0.0005 \times 10^{-3} \mu m^2$, 平均喉道半径 0.009ϕ 。孔洞连通性差, 储集意义不佳(表4)。到目前为止, 在榆林—绥德地区一共钻井约 25 口, 但下奥陶统碳酸盐岩未见任何油气显示, 充分地证明了这一点。准同生白云岩孔渗性不佳的原因主要有:(1) 准同生白云岩是膏盐湖、泻湖或潮上坪沉积物准同生交代产物, 晶粒细小, 结构致密, 多与蒸发岩共生, 阻碍了后期成岩作用的改造, 不利于孔、洞、缝的发育;(2) 准同生白云岩分布于沉降凹陷地区, 既不利于后期成岩作用特别是古岩溶的改造, 也未构成油气运移的有利指向区和聚集场所。因此, 尽管准同生白云岩在分布上具有一定的规模, 但其储集意义甚微。

* 覃建雄. 鄂尔多斯盆地东部下奥陶统沉积地质特征及含油气条件评价(研究生毕业论文), 1990

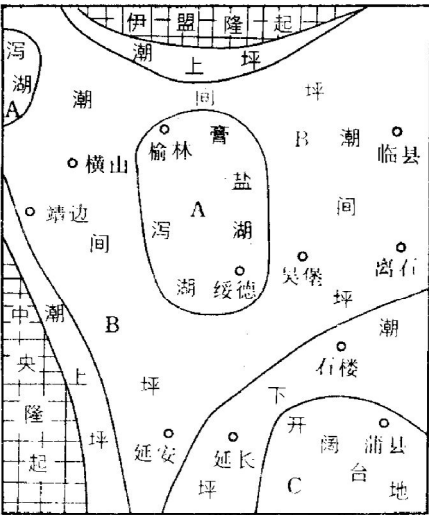


图 6 不同成因类型白云岩分布示意图
A—I 类白云岩, B—II 类白云岩, C—石灰岩,

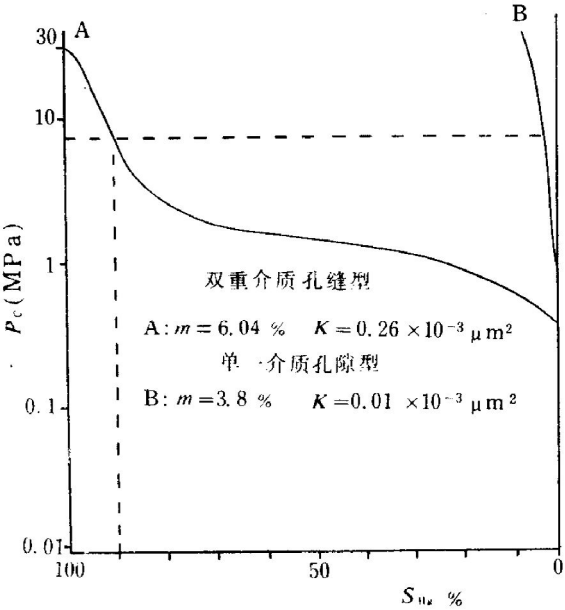


图 7 不同成因类型白云岩的压汞曲线特征

表 4 不同成因类型白云岩石物性表

岩 性	层位	厚度 (m)	孔隙度 (%)			渗透率 (10 ⁻³ μm ²)			喉道半径 (φ)			评价
			最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	
粉晶白云岩	O ₁ m ₅	7.5	5.81	1.10	3.28	1.90	0.01	0.1	8.79	4.37	6.58	气层
粉晶白云岩	O ₁ m ₅	3.97	3.34	1.07	2.35			0.5	8.98	5.12	6.97	气层
粉晶白云岩	O ₁ m ₅	33.97	15.58		15.58	11.70		11.7	8.50	5.14	6.68	气层
粉晶颗粒白云岩	O ₁ m ₅	5.96		7.30	7.30	1.07		1.07	8.34	5.31	3.14	含气层
粉晶颗粒白云岩	O ₁ m ₅	3.60		1.34	1.34			0.75	5.73	2.97	4.35	含气层
微晶白云岩	O ₁ m ₅	15.6			1.20			0.004				/
中晶残余颗粒白云岩	O ₁ g-l	9.15			1.72			0.001				/
豹斑白云岩	O ₁ m ₄	0.05	2.10	0.70	1.40	0.30	0.001	0.015	2.75	0.73	1.74	/
铁白云石	O ₁ m ₅	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

据长庆石油研究院, 1989

(二) 成岩早期混合水粉晶(颗粒)白云岩和中晶残余颗粒白云岩

主要分布于榆林-绥德地区之西和北部,尤其是靖边-横山地区的马家沟组五段 1—4 分段 (O₁m₅¹⁻⁴),主要为潮间坪、潮间—潮下浅滩白云岩化产物,成层稳定,分布广泛,通常位于古隆起或古陆向盆地的宽缓斜坡地带 (图 7),属于良好的油气运聚指向区。这种缓坡不但有利于各种构造裂隙的发育,而且有利于地表和地下水的运移,从而有利于去膏盐化、去白云岩化、特别是古岩溶的作用,导致溶蚀孔、洞、缝的大量发育 (图版 I-5)。混合水白云岩结构较粗,晶粒支撑,不但提供一定量的晶间孔和晶间溶孔 (图版 I-6),而且也促进了后期溶解作用的发育,形成大量溶蚀扩大孔、洞、缝,为区内油气藏的形成提供了有效的储集空间。实践证实,区内混合水白云岩中,储集空间发育,以次生溶蚀孔洞缝 (图版 I-5)、裂隙、晶间

(溶)孔(图版1-6)和铸模孔为主。大多数的孔、洞、缝及裂隙中充填有黑色残余沥青(图版1-5,6),表明曾是油气运移的通道或储集空间。孔隙结构以双重介质孔缝型(图7)为主,储集类型主要为裂隙-孔洞型和孔洞-裂缝型。孔洞和缝隙配套良好,连通性较好,孔隙度最大15.6%,最小1.42%,平均2.64%;渗透率最大 $11.7 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最小 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均 $7.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均喉道半径 5.9ϕ (表4)。因此,该类白云岩构成区内最主要的储集岩。

(三) 成岩晚期混合水豹斑白云岩

多沿成岩收缩缝、微裂隙、微缝合线分布,发育晶间孔和晶间溶孔,平均孔隙度1.2%,平均渗透率 $0.015 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。孔洞连通性差,分布局限,未能构成有效的储集岩。

(四) 后生期铁白云石脉

区内铁白云石脉十分发育,多垂直或斜交岩层,呈平直的网格状或X状分布,切穿所有成岩组构和早期缝隙,宽0.1—5 mm,长5—40 cm,最长1.5 m,脉密度10—25条/m,最多达45条/m,脉壁充填大量黑色沥青,铁白云石中富含大量烃类气液两相流体包裹体(图版1-4)。表明这些构造裂隙在被铁白云石充填之前,曾作为油气的运移通道或聚集场所。区内铁白云石脉主要于中央古隆起东北靖边-横山宽缓斜坡带的马五段1—4分段($O_1 m_3^{1-4}$)的含油气井中广泛分布;而在榆林-绥德地区的非含油气井中却很难见到。可见,区内下奥陶统铁白云石脉的分布与油气藏的分布具有很大的一致性。对了解区内油气运聚规律、进行油气成藏的模拟和新型油气藏的寻找具有重要意义。

结 论

(1) 鄂尔多斯盆地东部下奥陶统自下而上分别由开阔台地相、泻湖(膏盐湖)相、潮坪相组成的三个向上变浅沉积旋回构成,是三次三级周期性海进-海退海平面变化的产物。

(2) 白云岩成因类型多样,白云岩化具有多期叠加和改造的特点,按成岩阶段可划分为准同生期白云岩化、成岩早期白云岩化、成岩晚期白云岩化和后生期-进后生期白云岩化。

(3) 不同成因类型的白云岩,其岩石、沉积地球化学及矿物包裹体特征各异。

(4) 沉积相不但控制白云岩的成因类型,而且影响白云岩的储集性。

(5) 白云岩的孔渗性能与其成因、组构及白云岩化强度密切相关。准同生微晶(颗粒)白云岩储集性不佳,成岩晚期豹斑白云岩未构成有效的储集岩,成岩早期粉晶(颗粒)白云岩和中晶残余颗粒白云岩构成区内主要的储集岩,后生期脉状铁白云石是寻找油气藏的重要线索。

在实验测试及成文过程中,张锦泉、陈洪德、耿爱琴、郑荣才给予热情帮助。成都理工学院测试中心及矿物包裹体研究室、长庆勘探开发研究院测试室以及四川石油管理局化验室的同志与作者密切合作,在此一并致谢!

参 考 文 献

- 1 Walker G, Aquillar O E. Luminescence spectroscopy of Mn^{2+} centres in rock-forming carbonates. *Mineralogical Magazine*, 1990, 53 (70): 357—369
- 2 Ward W C, et al. Dolomitization and dolomite neomorphism in the back of reef facies of the Bonnetterre and Daris Formation (Cambrian), Southeastern Missouri. *Sedimentology Petrology*, 1985, 60 (4): 475—485
- 3 Have T, et al. Origin of dolomitization on the Barrow Terrace, Canning Basin, western Australia. *Sedimentology*, 1987, 37

- (1): 102—120
- 4 McLimans R K. The applications of fluid inclusions to migration of oil and diagenesis in petroleum reservoirs. *Applied Geochemistry*, 1987, 2: 585—603
 - 5 覃建雄. 白云岩化研究的新进展. 地质科技情报, 1992, 11 (2): 23—27
 - 6 覃建雄. 含盐盆地中生油层的埋藏成岩作用和热化学硫酸盐细菌还原作用. 天然气勘探与开发, 1991, 10 (1): 73—79
 - 7 Bein A, Heworka S D. Fluid inclusion in bedded-Permian, Polo Doro Basin, Texas: evidence modification of dewater in early diagenesis. *Sedimentological Petrology*, 1990, 61 (1): 127—135
 - 8 Chipely D B L, Kyser T K. Fluid inclusion evidence for the deposition and diagenesis of the Dationce Lake Member of the Devonian Prairie, evaporite formation, Canada. *Sedimentological Geology*, 1990, 64 (6): 705—731
 - 9 覃建雄. 矿物包裹体在沉积学中的应用. 矿物岩石, 1992, 12 (2): 103—111
 - 10 Burruss R C, Cercone K R. Timing of hydrocarbon migration: evidence from fluid inclusions in calcite cements, tectonics, and burial history. SEPM Special Publication 26, 1985. 277—285
 - 11 Hazeldine R S, Samson I M, Cornford C. Dating of diagenesis in a petroleum basin, a new fluid inclusion method. *Nature*, 1984, 307. 354—357
 - 12 Rrezbindowski D R, Larese R E. Experimental straching of fluid inclusions in calcite—implications for diagenetic studies. *Geology*, 1987, 15: 333—336
 - 13 Masenwlio S J. Diagenetic control on reservoir within a sigle depositional unit: example from frontier formation, Powderer Runer Basin pedogenesis—A major diagenetic procession giant Hugton Gas Field; *Bull AAPG*. 1988, 72 (2): 474—485

ORIGIN OF LOWER ORDOVICIAN DOLOMITITE IN EASTERN ORDOS BASIN AND ITS RESERVOIR PROPERTIES

Qin Jianxiong Zeng Yunfu

(Institute of Sedimentology, Chengdu Institute of Technology)

Yang Junjie

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development,
Changqing Petroleum Exploration Bureau)

Abstract

Dolomitization of carbonate rocks of Lower Ordovician in Eastern Ordos Basin can be classified into following four types: evaporative pumping-percolative reflux dolomitization, mixed water dolomitization (early and late diagenetic stages), deep-burial compaction-hypogenic thermal brine dolomitization and tectonic hydrothermal brine dolomitization. The former is genetically associated with evaporites and possesses plenty of Cl^- , Na^+ , Sr^{2+} and low Mn^{2+} , Fe^{2+} and high value of $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$, low porosity and permeability, so it is poor reservoir rock; the mixed-water dolostone is bedded-like and poor in Cl^- , Na^+ , Sr^{2+} and $\delta^{18}\text{O}$ -value is -8.59‰ PDB, $\delta^{13}\text{C}$ -value is -1.067‰ PDB, it has wide dispersion and typical annulus fabric under luminescence, the average values of porosity and permeability are 2.64% and $7.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ respectively, thus this kind of dolostone is the main reservoir rock type; the deep-burial compaction-hypogenic thermal brine dolostone (nonflaser) that filled in deep-resoluted porosity

possesses low values of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$, rich H_2O and CO_2 inclusions, lacks of hydrocarbon fluid inclusion, can not be reservoir rock; the tectonic-hydrothermal (flaser) ferrodolomite developed along tectonic cracks, the distribution is controlled by the cracks and coincide with oil and gas deposits and contains the lowest $\delta^{18}\text{O}$ - and $\delta^{13}\text{C}$ -values, rich in Fe^{2+} , Mn^{2+} , abundant in H_2O - and C_2O -vapour-liquid inclusions and hydrocarbon vapour-liquid fluid inclusions. Therefore this kind of rock should be an important clue for hydrocarbon exploration.