

文章编号: 1009-3850(2007)01-0054-08

鄂尔多斯盆地中南部三叠系延长组 8 油层组成岩作用 及其对储层物性的控制

姜红霞¹, 吴亚生¹, 罗晓容¹, 喻建², 毛明陆², 杨凤², 陈瑞银¹

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029; 2. 长庆油田公司 勘探开发研究院, 陕西 西安 710004)

摘要: 鄂尔多斯盆地中南部延长组 8 油层组主要成岩作用包括压实作用、石英次生加大、自生绿泥石膜生长、次生高岭石化、连晶方解石交代、长石溶蚀。根据铸体薄片, 碳氧同位素分析, 确定了各种主要成岩产物的空间分布和成因, 分析了成岩产物分布与现今总面孔率的关系, 从而确定 8 油层组的物性主要受石英次生加大、连晶方解石、长石溶孔、剩余原生孔隙分布的控制。石英次生加大和连晶方解石发育的地方, 储层物性差; 具自生绿泥石膜的剩余原生孔隙和长石溶孔发育的地方, 储层物性好。

关键词: 鄂尔多斯盆地; 三叠系; 延长组; 8 油层组; 成岩作用; 储层物性

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

碎屑岩储层的物性不仅受沉积相控制, 还受成岩作用, 尤其是各种成岩产物发育及分布的控制^[1]。所以, 研究碎屑岩中成岩产物的分布规律是储层研究的重要内容之一, 也是建立精细定量储层地质模型的基础^[2]。成岩作用研究的主要发展方向之一是建立预测各种成岩产物空间分布的精细地质模型, 而这种模型的建立是以大量的成岩产物空间分布的个案研究为基础的。但是, 由于描述成岩产物分布的研究成本高, 关于成岩产物空间分布的研究在国内外文献中并不多见, 故而至今没有预测成岩产物空间分布的框架^[1]。本文以观察铸体薄片为主要手段, 对鄂尔多斯盆地中南部(图 1)三叠系延长组 8 油层组成岩产物的空间分布做尝试性研究。

1 地质背景

鄂尔多斯盆地是一个从晚三叠世开始形成的内克拉通型盆地^[3,4], 其基底为早古生代碳酸盐和蒸

发盐沉积以及晚古生代海陆交互相沉积。自晚三叠世开始, 在盆地内形成中生代的河流相—湖沼相沉积, 包括 4 个陆相碎屑岩沉积旋回。每个沉积旋回均以河流相开始, 以湖沼相结束^[5]。延长组按岩性、电性自上而下分为 10 个油层组。在研究区内, 8 油层组厚 60~120m, 主要由湖盆三角洲相沉积组成。储层砂体以水下分流河道相为主, 其次为河口坝相^[6]。粒度以细砂岩为主, 局部有中砂岩和粗砂岩。岩性以长石砂岩为主, 其次为岩屑长石砂岩。碎屑组分中, 石英含量为 22.5%~47.8%, 平均 37.5%; 长石碎屑含量 33.8%~51.9%, 平均 42%。火成岩和变质岩岩屑含量为 0~24.2%, 平均 12.2%; 沉积岩碎屑含量 0~7%, 平均 1.8%。云母碎屑含量 2%~14%, 平均 6.1%。长石含量无随深度的明显变化。岩心分析孔隙度为 1.4%~16.6%, 平均 10.9%, 渗透率为 0.008~10.7md, 平均为 1.2md^[7], 属于低孔低渗储层。

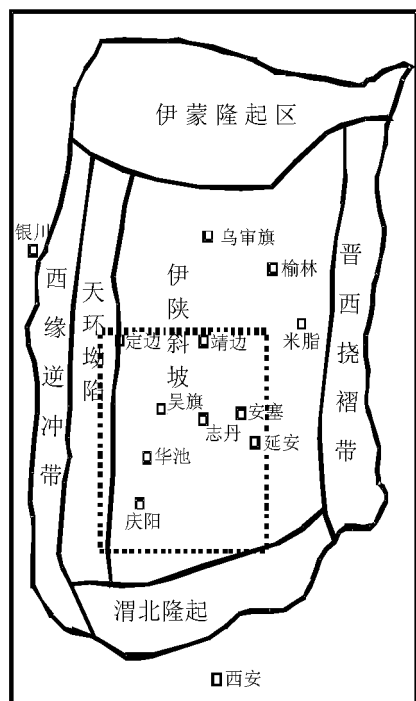


图1 研究区位置图

Fig. 1 Location of the study area

2 主要成岩作用类型

2.1 石英次生加大

石英颗粒的次生加大是西峰长8最常见和最重要的成岩作用之一,几乎所有的井中都有,但每口井中不是所有的层位都有石英加大,各口井中石英加大的层位也不尽相同。一个比较普遍的现象是,当一口井中既有石英加大的层段,又有石英不加大的层段时,通常石英加大的层段在上,石英不加大的层段在下。在取样段较长的井中可以看到有多个石英加大带,如镇6井中取样段至少有3个(2178.55~2400m、2403.15~2405.85m、2409.90~2411.75m),岭79井取样段至少有2个石英加大带(1858.10~1861.10m、1862.2~1864.70m)。从平面上看,石英加大的分布是不均衡的,西峰油田西27井、西18井、西40井、西13井中都有石英加大,但西23井尚未见到。

石英加大发育程度分为4级:0级——石英次生加大不发育;1级——仅少数石英碎屑有加大,而且加大边窄;2级——石英加大普遍,加大边外缘呈折线状,局部出现加大边完全填满粒间孔,使岩石呈缝合状的现象;3级——石英加大使岩石呈缝合状的现象(图2-a)。薄片观察表明,石英加大对粉砂岩和极细砂岩的物性的破坏作用比对细砂岩、中砂

岩的物性的破坏作用更严重。对原生孔隙本来就小的粉砂岩和极细砂岩来说,石英加大容易填满所有的原生粒间孔。而对碎屑颗粒较粗的砂岩,石英加大难以使原生孔隙填满,这种孔隙的边界一般呈折线状,属于2级加大。在这种孔隙中可以再发生酸性流体对杂基和粒缘的溶蚀以及沥青的充填,或发生长石溶蚀作用。原生孔隙被石英加大填满的岩石很难再发生溶蚀作用,因而次生溶孔一般也不发育,往往形成致密层(Parker和Selwood, 1981)。

由于石英加大边与被加大的石英颗粒之间一般没有其它成岩产物,所以认为石英加大是发生最早的成岩作用。长8成岩的石英除了以石英次生加大边出现以外,局部以孔隙充填胶结物的形式出现(图2-b),但分布比较局限。

2.2 自生绿泥石膜的生长

长8常见到孔隙壁上有一层绿泥石,通常被叫做绿泥石膜(图2-c),为成岩成因。成岩绿泥石可以由其它粘土矿物转变而来,也可以直接从溶液中结晶生长。自生绿泥石膜的分布十分普遍,出现在50%以上的孔隙中。

自生绿泥石膜通常不会堵塞孔隙,反而因为阻碍石英的次生加大保护了原生孔隙^[8],但当绿泥石生长持续进行时,小的原生孔隙会被填满。西峰油田长8原生孔隙中的自生绿泥石膜对孔隙没有起到显著的破坏作用,少数井中可见原生孔隙被自生绿泥石膜填满,如西16井的2156.8m,西33井的1997.5m。

当一个井中既有石英加大又有自生绿泥石膜出现时,一般石英加大带在上,自生绿泥石膜在下。自生绿泥石加大带和石英加大带在地层中也有交替出现,如镇6井。

2.3 次生高岭石化

次生高岭石只在西峰油田少数井中出现(镇7井、西43井、西36井、西39井),在岩石中呈窝状。一些井中的高岭石因油染而呈褐黄色(图2-d),说明其形成在烃进入之前。可以推测高岭石形成于自生绿泥石膜形成之后。

高岭石在纵向上的分布没有一定规律。在西36井和西39井中,含高岭石的层位之上的岩石具有沥青充填的溶孔。除西36井外,高岭石的含量一般较低(<5%),说明在西峰长8中高岭石化不是普遍现象。

2.4 酸性流体对杂基和粒缘的溶蚀

酸性流体对杂基和粒缘的溶蚀形成的溶蚀孔一

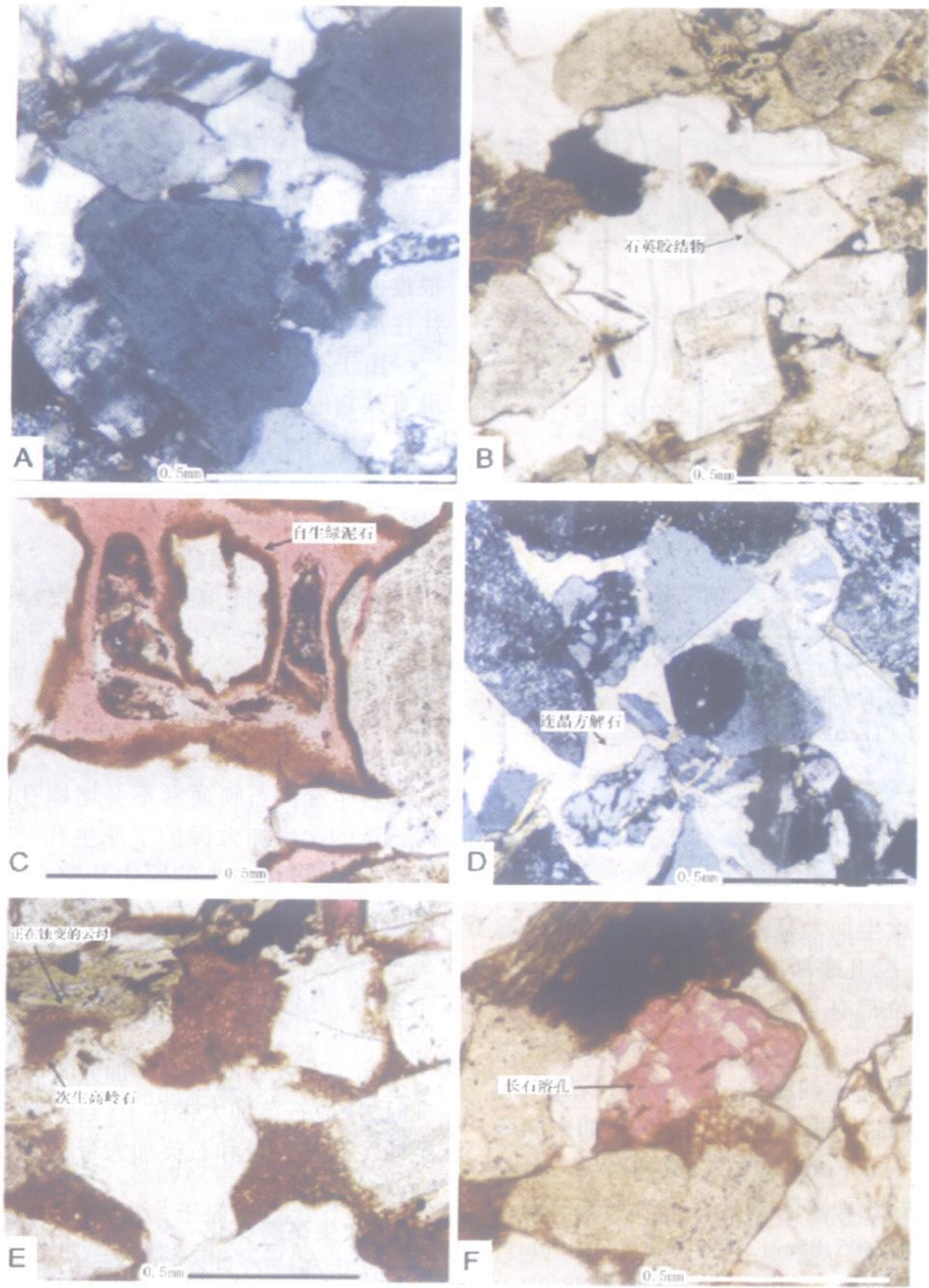


图2 成岩产物显微照片

(a)石英次生加大缝合状, 镇6井2405.9m, 长8段; (b)石英胶结物充填了具自生绿泥石膜的孔隙, 宁17井, 1813.3m, 长8段; (c)孔隙的壁上有发育的自生绿泥石膜, 西43井, 2163.2m 长8段; (d)连晶方解石的交代使一些碎屑颗粒的残余呈浮状, 镇6井, 2413.4m, 长8段; (e)次生高岭石, 晶形差, 因油染成褐色, 镇6井, 2407.20~2408.60m, 长8段; (f)长石颗粒的溶蚀从解理缝开始, 2407.2~2408.6m, 镇6井, 长8段;

Fig.2 Photomicrographs of the diagenetic products in this study

(a) Stylolitic secondary overgrowth of quartz, Zhen-6 well, 2405.9 m, Chang-8 oil reservoirs; (b) Filling of the porosities with authigenic chlorite membrane by quartz cements, Ning-17 well, 1813.3 m, Chang-8 oil reservoirs; (c) development of the authigenic chlorite membrane on the walls of primary pore spaces, Xi-43 well, 2163.2 m, Chang-8 oil reservoirs; (d) buoyant residual clastic grains caused by the replacement by intergrown calcite, Zhen-6 well, 2413.4 m, Chang-8 oil reservoirs; (e) secondary kaolinite with poor crystal forms and contaminated into brown by oil, Zhen-6 well, 2407.20~2408.60 m, Chang-8 oil reservoirs; (f) dissolution of feldspar grains along the cleavage cracks, Zhen-6 well, 2407.2~2408.6 m, Chang-8 oil reservoirs

般呈港湾状,并且一般都被沥青充填。由于溶蚀不只对长石发生,而且对其它酸溶性物质也发生作用,说明溶媒的酸性较强,可能是有机质演化成熟过程中释放的有机酸。通常被沥青充填的事实说明这种溶蚀作用的发生与烃的成熟和运移有一定的成因和空间联系。这种沥青充填孔往往在石英加大的岩石中发育,但只分布在少数井中(西24井、西39井等12口井中)。并不是所有的这种溶孔都被沥青充填,例如西13井2140.69m处有4%的这种溶孔没有被沥青充填。

2.5 连晶方解石对粒间物质和粒缘的交代

连晶方解石在西峰油田长8的分布也较为普遍,一般在0~45%不等。当其含量高时,往往蚕食碎屑颗粒的边缘,使碎屑颗粒呈“漂浮状”(图2-e)。“漂浮状”的特征表明这种方解石是交代粒间物质和碎屑颗粒的边缘^[9],而不是溶蚀之后再充填。连晶方解石(一般是铁方解石)的形成有的在烃运移之后,因为见到连晶方解石充填了厚的油染自生绿泥石膜的原生孔隙的情形。薄片见到有连晶方解石的岩石中也有长石溶孔的情形。这种长石溶孔的形成应该在连晶方解石形成之后,否则长石溶孔会被连晶方解石充填,因为连晶铁方解石可以交代任何类型的岩石组分。少数情况下见到连晶方解石只充填现有孔隙,而不交代颗粒边缘的情况。连晶方解石在地层中的分布往往为多层薄层状,横向延伸规模不大,因而难以在井间进行精确对比。根据研究统计,只要连晶方解石达到一定含量(38%以上)就使岩石形成致密层,在含量小时连晶方解石的存在使储层的孔隙度和渗透率降低。

2.6 长石溶蚀作用

长石溶孔是酸性流体对长石颗粒的解理缝和边缘进行溶蚀形成的^[10],镜下观察通常很干净(图2-f)。长石溶孔一般不被沥青充填,表明形成于烃运移之后。长石溶孔可以在石英加大的岩石中发育,也可以在有沥青孔的岩石中形成,一般形成在连晶方解石形成之后。在具高岭石的岩石中长石溶孔也常发育。在有剩余原生孔隙的地层中,长石溶孔也可存在。长石溶孔最发育的井如西40井,含量可达20%。长石的溶解促进了储层的次生孔隙的发育,改善了储层的物性。

3 主要成岩产物的空间分布

笔者统计了每个薄片各主要成岩产物的面积百分含量。石英次生加大的发育程度用加大级别

0、1、2、3来表示,0代表无加大,1代表有窄的加大边,2代表局部出现加大边填满孔隙的情况,3代表加大边填满孔隙的情况。自生绿泥石膜的分布范围用具有自生绿泥石膜的剩余原生孔隙的面孔率来代表。成岩方解石统计的是薄片上的面积百分含量。粒间物质和颗粒边缘溶蚀形成的次生孔隙大多被沥青充填了,对储层物性无显著影响,所以在此不作统计。长石溶孔在薄片上的面积百分含量叫面孔率。此外还统计了每个薄片上所有孔隙的面孔率,即总面孔率。由每口井的数据获得一个加权平均值,将每种成岩产物的含量平均值用 Surfer 软件作成等值线图(图3),这样就得到了各种成岩产物的空间分布图。

(1)由图3-a可以看出,石英次生加大分布较广。一个显著的特征是,在西峰—庆阳一线的两侧石英次生加大都发育,但在西峰—庆阳一线附近,石英次生加大明显不发育。白215井附近石英次生加大不发育。环县一定边一带、甘泉—延安一带砂体最薄,在没有岩心数据的情况下置为0。

(2)成岩方解石以连晶状为主。由图3-b可见,成岩方解石分布的空间格局与石英次生加大相似,在西峰—庆阳一线附近不发育。

(3)由图3-c可见,次生高岭石分布局限,分别在西峰和镇8井附近有两个相对高值区。

(4)由图3-d可以看出,在西36井—镇49井—线长石溶孔相对较发育。

(5)由图3-e可见,自生绿泥石膜发育的高值区在西峰—庆阳一线,沿北东—南西向延伸。西36井、镇49井附近自生绿泥石膜不发育,而这两个地方正好是长石溶孔发育的地方,说明长石溶孔与自生绿泥石膜的发育为互为消长的关系。

(6)由图3-f可以看出,现今的总面孔率(包括长石溶孔和剩余原生孔的面孔率)分布在高值区在西峰—庆阳一线,大致沿北东—南西方向展布。

4 成岩产物的成因

长8成岩产物主要有石英次生加大、自生绿泥石膜、次生高岭石、连晶方解石、杂基和粒缘被溶蚀再被沥青充填、长石溶孔。

4.1 石英次生加大

石英次生加大的成因问题主要与硅的内源和外源两种来源有关。硅的内源来源包括:(1)硅质生物骨骼的溶解,(2)砂体内部粘土矿物的转化反应,(3)长石的溶解和转化反应,(4)石英颗粒的压溶作用。

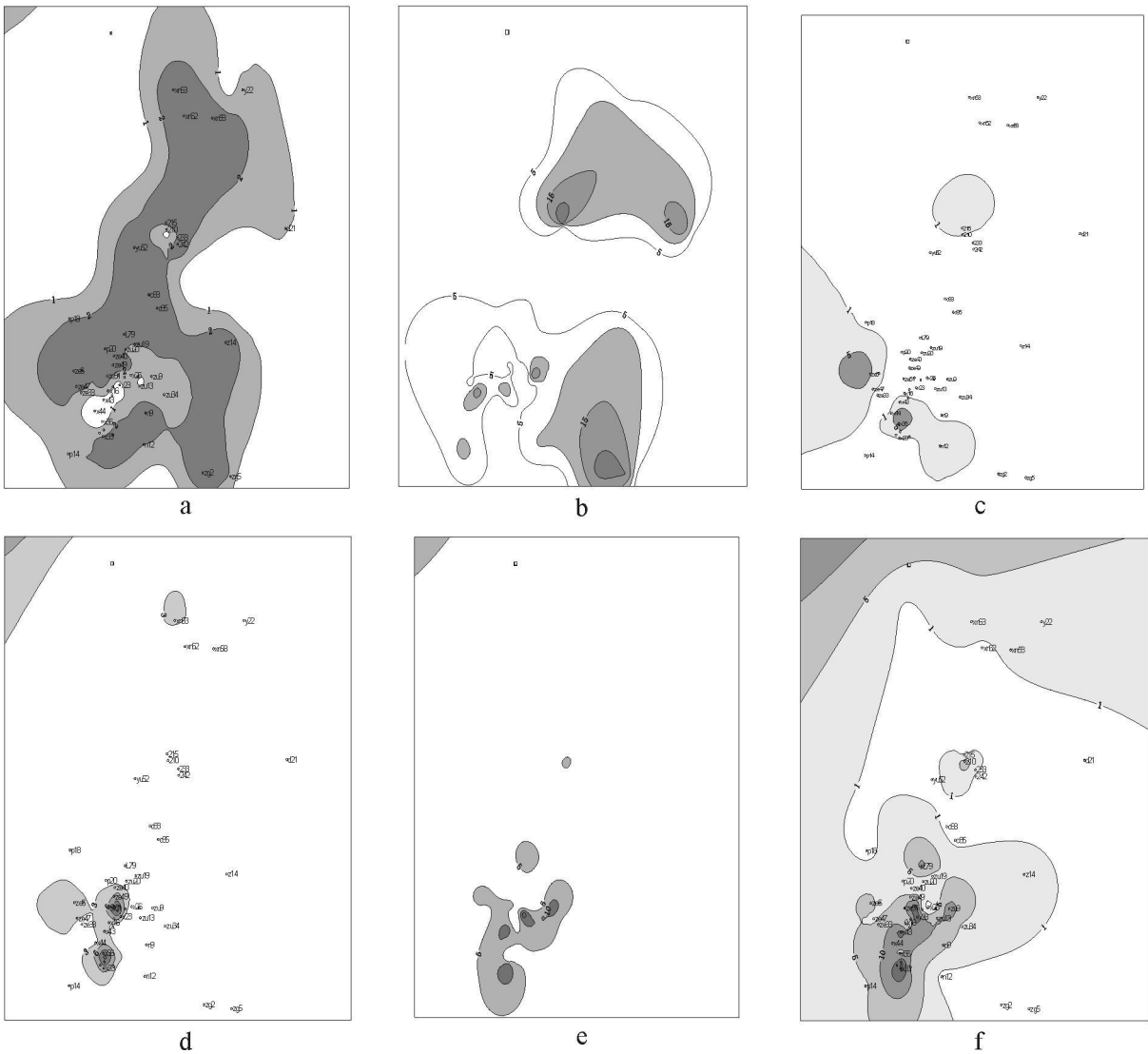


图3 成岩产物面积百分含量等值线图

(a)石英次生加大发育级别(0, 1, 2, 3); (b)成岩方解石面积百分含量等值线图; (c)次生高岭石面积百分含量等值线图; (d)长石溶孔面孔率等值线图; (e)具绿泥石膜的剩余原生孔隙面孔率等值线图; (f)现今总面孔率等值线图

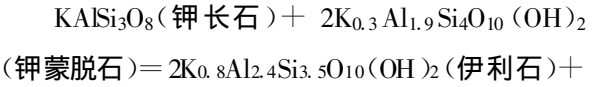
Fig. 3 Isopleth maps of the areal content percents for the diagenetic products in this study

(a) secondary overgrowth levels of quartz (0, 1, 2, 3); (b) areal content percents for diagenetic calcite; (c) areal content percents for secondary Kaolinite; (d) planar porosities of feldspar solution openings; (e) planar porosities of residual primary porosities with authigenic chlorite membrane, and (f) existing total planar porosities

硅的外源来源包括: (1)泥岩中粘土矿物的转化反应、长石转化反应或溶解或石英颗粒压溶, (2)与断层有关的盆地内来源, (3)深部的砂体^[11~13]。长 8 是湖泊三角洲相沉积, 不存在大量的硅质生物骨骼, 所以硅的内源来源(1)被排除。沉积以分选中-好的细砂岩为主, 砂体内部不存在大量粘土杂基^[7], 所以可以排除硅内源来源(2)。石英颗粒的压溶会形成颗粒缝合接触和缝合线等证据。砂岩中未见此类证据, 所以硅内源来源(4)被排除。没有任何证据支持硅外源来源(2)和(3), 所以硅的来源可能是内源来

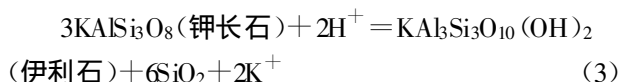
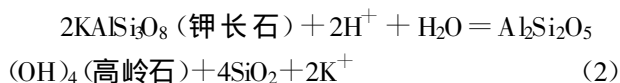
源(3)和外源来源(1)。

下面来分析硅的外源来源(1)在研究区是否占主导地位? 粘土矿物相互转化的过程中会有大量的层间水释放出来成为自由水, 增加地层中的压力, 同时释放出大量的金属阳离子, 这些阳离子参与成岩作用形成新的成岩矿物。在 60~100℃的温度下, 蒙脱石向伊利石转化, 转化产生的硅可以扩散到相邻的砂岩中形成石英加大, 反应式如下:

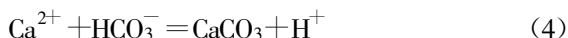


4SiO₂ (石英) (1)

长石的溶解可以形成次生孔隙以及促使石英胶结物形成。



在上述反应中, 每单位体积的钾长石的高岭石化或伊利石化反应将产生0.43单位体积的二氧化硅^[12]。同时上述反应消耗H⁺, 故对方解石沉淀有促进作用。方解石析出的反应是



反应(4)表明方解石的沉淀会释放H⁺, 从而促进长石向高岭石或伊利石转化。

对比图3(a)和(b)可知, 石英胶结物和成岩方解石有相似的分布格局, 说明它们可能有成因上的联系, 从而说明石英次生加大的形成最可能与钾长石的粘土化有关。钾长石的钠长石化也可以释放二氧化硅, 但一个单位体积的反应物只生成0.05单位体积的二氧化硅, 所以这不是一种有效的生成石英的机制。斜长石的钠长石化可以生成极少的二氧化硅, 但也不是生成而是消耗二氧化硅, 所以也不是有效的形成石英的机制^[14]。据观察, 长8中长石碎屑含量较高, 为33.8%~51.9%, 其中钾长石含量为15%~41%, 说明钾长石的粘土化作用是有物质基础的。泥岩或页岩中长石碎屑含量低, 不是有效的硅来源, 所以硅的外源来源(1)也被排除。硅的来源只能是内源来源(3)。

4.2 自生绿泥石膜和次生高岭石

孔隙壁上的自生绿泥石膜可以由伊利石转变来, 也可以直接由流体中析出。这两者的区别是直接析出的绿泥石有很好的晶形, 转变成因的绿泥石晶形较差(Eslinger 和 Pevear, 1988)。长8的自生绿泥石都有很好的晶形, 所以是自生成因的。次生高岭石除了来源于钾长石的粘土化, 还来源于云母的转化, 因为观察到少数高岭石晶体出现在云母碎屑中的情形, 表明这些云母碎屑在发生高岭石化。

4.3 连晶方解石

史基安等研究了12个长8的成岩铁方解石(即连晶方解石)样品的碳氧同位素组成, 发现 $\delta^3\text{C}_{\text{PDB}}$ 值为-3.3‰~-8.0‰, 据此提出长8成岩铁方解石的成因与有机质的脱羧基作用有关, 成岩铁方解石可在甲烷生成带(有微生物活动)和有机质脱羧基带形成^[15]。这两种成因的方解石具有不同的 δ^3

C_{PDB} 值^[18], 分别为-20‰~+15‰、-20‰~-10‰。笔者测试了研究区内6个长8的连晶方解石样品的碳氧同位素组成, 得到 $\delta^3\text{C}_{\text{PDB}}$ 值为-4.9‰~-8.0‰, $\delta^8\text{O}_{\text{PDB}}$ 值为-19.2‰~-21.3‰。可以看出碳氧同位素值都不支持长8成因方解石的形成与有机质脱羧基有关的观点。如前面的讨论, 石英次生加大的成因是钾长石的粘土化, 而钾长石粘土化的过程可造成方解石的沉淀, 所以成岩方解石的成因也与钾长石的粘土化有关。这一点还需要再做更多的研究。

4.4 杂基和粒缘被溶蚀再被沥青充填

杂基和粒缘的无选择溶蚀作用形成的溶孔通常被沥青充填, 说明这种溶蚀作用可以与烃的成熟运移有时空的关联。有证据表明干酪根中的脂肪酸在热接触降解的早期阶段会形成羧酸、CO₂、H₂O。在80~120℃的油田水中测出有很高浓度的(10,000mg/l)的羧酸, 尤其是醋酸^[19]。与大气水相比, 这种酸性流体酸性较强, 可以几乎无选择地溶蚀杂基和碎屑颗粒边缘。所以长8的沥青充填的杂基和粒缘溶孔的形成可能与干酪根热降解形成的酸性流体有关。

4.5 长石溶孔

长8的长石溶蚀发生最晚, 是在油气运移之后, 因为没有在这样的长石溶孔中发现烃充填。由埋藏史分析可知, 在早白垩世进入生烃高峰期, 以后盆地整体抬升, 遭受剥蚀。这期间可能有大气水进入储层, 从而造成长石的溶蚀。

5 成岩产物对储层物性的控制作用

罗静兰等(2001)认为压实作用是造成研究区砂岩孔隙丧失的主要原因^[17]。根据薄片观察, 长8具自生绿泥石膜的剩余原生孔隙达到10%以上的薄片并不少见。如西33井, 1993.5m处具自生绿泥石膜的剩余原生孔隙的面孔率为15%; 西22井, 2074.9m和2075.8m处的剩余原生孔隙的面孔率本来有30%, 但由于连晶方解石充填, 现在只剩下3%和1%。现今面孔率15%相当于岩心测试孔隙度12%。砂级沉积物的原始孔隙度一般在40%左右^[14]。参考古孔隙度分布图(图3-h), 可以得出具自生绿泥石膜的剩余原始孔隙处的孔隙度因压实作用损失了约28%, 这说明压实作用对储层孔隙的影响是十分显著的。除了压实作用以外, 石英次生加大和连晶方解石的交代作用是减少孔隙的最主要因素。

对比各种成岩产物的分布图可以看出, 现今总

面孔率(图 3-f)分布的高值区在西峰—庆阳一线附近,与渗透率的高值分布(图 3-g)基本一致,而这一带正好是石英次生加大和成岩方解石不发育(图 3-a、图 3-b)、自生绿泥石膜(图 3-e)和长石溶孔(图 3-d)发育的地方。西 36 井附近自生绿泥石膜不发育,长石溶孔正好发育,现今总面孔率也较高,清楚说明了现今总孔隙的构成关系。正 2-张 14-宁 12、镇 47-元 52、新 58-丹 21 等石英次生加大发育、成岩方解石也比较发育的地方,长石溶孔和自生绿泥石膜相对不发育,储层物性相对较差。

由此可见,鄂尔多斯盆地中南部长 8 段储层的物性主要受石英次生加大、连晶方解石胶结物、长石溶孔、具自生绿泥石膜的剩余原生孔隙分布的控制。石英次生加大和连晶方解石发育的地方,储层物性差;自生绿泥石膜发育的地方(即剩余原生孔隙发育的地方),以及长石溶孔发育的地方,储层物性就好。

6 结 论

鄂尔多斯盆地中南部的延长组 8 油层组的成岩作用主要有压实作用、石英次生加大、自生绿泥石膜的形成、长石云母等的高岭石化、连晶方解石交代粒间和粒缘物质、杂基和粒缘被溶蚀再被沥青充填、长石溶蚀。储层物性主要由成岩作用控制。压实作用占主导地位,其次是石英次生加大和成岩方解石的发育,这两种因素是破坏储层物性的。自生绿泥石膜在原生孔隙生长,以及长石溶孔的发育是提高储层物性的主要因素。由这 4 个因素的共同作用,决定了储层物性最好的区域在西峰—庆阳一线,应该是勘探开发的首选区域。

在成岩作用研究中,只有在弄清成岩作用机理的基础上,确定各种成岩产物的空间分布,才能弄清控制储层发育的因素,从而掌握有利储层的发育和分布规律。

致谢:参加研究工作的还有凌升阶、张刘平、陈占坤、武明辉等;傅金华、席胜利给予了关心和支持;蔺方晓、南君祥、杨奕华、刘小莉、刘绥宝、贺静、张莉等对镜下工作给予了大力支持。

参考文献:

- [1] WORDEN R H, MATRAY J M, Carbonate cement in the Triassic Chaunoy Formation of the Paris Basin: distribution and effect on flow properties [J]. Spec. Publs int. Ass. Sediment., 1998, 26: 163—177.
- [2] 裴泽楠, 贾爱林. 储层地质模型 10 年 [J]. 石油学报, 2000, 21 (4): 102—104.
- [3] 郝石生, 高耀武, 黄志龙. 鄂尔多斯盆地中部大气田聚集条件及运聚动态平衡 [J]. 中国科学 D 辑, 1996, 26(6): 488—492.
- [4] 叶加仁, 赵鹏大, 陆明德. 鄂尔多斯盆地地下古生界油气地质动力学研究 [J]. 中国科学 D 辑, 2000, 30(1): 40—46.
- [5] 杨俊杰. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2002.
- [6] 傅金华, 郭正权, 邓秀芹, 等. 陇东地区三叠系延长组长 6 长 8 沉积体系研究及勘探目标评价 [A]. 胡文瑞, 等. 长庆油田油气勘探开发新技术 [C]. 北京: 石油工业出版社, 2002, 28—38.
- [7] 杨华, 张明禄, 荣春龙, 等. 低渗透油气田研究与实践 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003, 214—219.
- [8] STORVOLIA V, BJØ RLYKKEA K, KARLSENA D et al. Porosity preservation in reservoir sandstones due to grain-coating illite: a study of the Jurassic Garn Formation from the Kristin and Lavrans fields, offshore Mid-Norway [J]. Marine and Petroleum Geology, 2002, 19: 767—781.
- [9] 刘宝珺, 张锦泉, 等. 沉积成岩作用 [M]. 北京: 科学出版社, 1992, 74—84.
- [10] 邱隆伟, 姜再兴, 操应长, 等. 泌阳凹陷碱性成岩作用及其对储层的影响. 中国科学 D 辑, 2001, 31(9): 752—759.
- [11] WORDEN R H, MORAD S. Quartz cementation in sandstones [M]. Oxford: Blackwell Science Ltd., 2000. 1—19.
- [12] 冯增昭, 等. 沉积岩石学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1993, 208.
- [13] 赵澄林, 朱筱敏, 等. 沉积岩石学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2001, 130—131.
- [14] BOLES J R. Active albitization of plagioclase, Gulf Coast Tertiary [J]. American Journal of Science, 1982, 282: 165—180.
- [15] 史基安, 王金鹏, 毛明陆, 等. 鄂尔多斯盆地西峰油田三叠系延长组长 6—8 段储层砂岩成岩作用 [J]. 沉积学报, 2003, 21 (3): 373—380.
- [16] 罗静兰, S. Morad, 阎世可, 等. 河流—湖泊三角洲相砂岩成岩作用的重建及其对储层物性演化的影响——以延长油区侏罗系—上三叠统砂岩为例 [J]. 中国科学 D 辑, 2001, 31(12): 1006—1016.

Diagenesis and controls on the physical properties of the Triassic Chang-8 oil reservoirs in the south-central part of the Ordos Basin

JIANG Hong-xia¹, WU Ya-sheng¹, LUO Xiao-rong¹, YU Jian², MAO Ming-lu², YANG Yang², CHEN Rui-yin¹

(1. *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China*; 2. *Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Changqing Oil Field Corporation, Xi'an 710004, Shaanxi, China*)

Abstract: The diagenesis of the Triassic Chang-8 oil reservoirs in the south-central part of the Ordos Basin includes compression, secondary overgrowth of quartz, secondary kaolinization of mica and matrix, overgrowth of authigenic chlorite membrane on the walls of primary pore spaces, replacement of intergranular matter and grain rims by intergrown calcite, nonselective dissolution of intergranular matter and grain rims and filling of asphalt into the secondary solution openings, and dissolution of feldspar. The present paper deals with the spatial distribution and origin of diagenetic products, and the relationship between the distribution of diagenetic products and existing total planar porosities on the basis of cast thin sections and carbon and oxygen isotopic data. The physical properties of the Triassic Chang-8 oil reservoirs are mainly controlled by secondary overgrowth of quartz, intergrown calcite replacement, feldspar solution openings, and distribution of residual primary porosities with authigenic chlorite membrane. The physical properties are generally poor in the areas where secondary overgrowth of quartz and intergrown calcite are developed. On the contrary, the physical properties are relatively good in the areas where the residual primary porosities with authigenic chlorite membrane and feldspar solution openings are developed.

Key words: Ordos Basin; Triassic; Yanchang Formation; Chang-8 oil reservoirs; diagenesis; physical property of reservoirs