

文章编号: 1000-0550(2011)01-0097-08

鄂尔多斯盆地东南部延长组储层成岩体系研究^①

丁晓琪 张哨楠 葛鹏莉 易超

(成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室 成都 610059)

摘要 鄂尔多斯盆地东南部延长组具有丰富的油气资源,储集层为一套致密低渗透砂岩,油气的富集与致密低渗透背景下的高效储层有关。通过铸体薄片、背散射、扫描电镜及能谱分析,结合孔、渗测定,认为:①延长组高效储层的形成与绿泥石环边有密切关系,绿泥石环边的出现是三角洲前缘沉积环境、富黑云母的长石砂岩和咸—微咸水的湖泊水体在空间上耦合的产物;②绿泥石环边抵消了一部分埋藏过程中上覆地层的机械压实作用,减缓了由于压实作用而引起的原生孔隙的减低,而且有抑制石英次生加大的作用;③同生期形成的方解石可以使颗粒呈嵌晶接触,形成致密层,但是这部分方解石量小且分布不均匀;④自生石英在纵向上变化明显,封闭体系中形成的SiO₂由于绿泥石环边的抑制作用,以雏晶的形式产出;而半封闭体系中形成的SiO₂可向上发生运移,在绿泥石环边不连续或欠发育的层段以加大边的形式产出。通过成岩体系研究,可以明确高效储层的形成机理,指导岩性油气藏的勘探。

关键词 成岩作用 绿泥石环边 成岩体系 鄂尔多斯盆地 自生石英 致密砂岩

第一作者简介 丁晓琪 男 1981年出生 博士后 讲师 石油地质学 E-mail: 627586242@qq.com

中图分类号 TE122.2⁺3 **文献标识码** A

鄂尔多斯盆地延长组有丰富的油气资源,随着油气勘探方法、工程工艺技术的进步,经过近几十年的勘探,在鄂尔多斯盆地南部发现了一系列的大油田^[1-4]。延长组储层具有致密低孔、低渗的特点,但油气主要富集在裂缝发育或低孔渗背景下相对较好的高效储层中。鄂尔多斯盆地内部以稳定著称,缺少构造圈闭,油气二次运移动力不足,所以延长组油气的勘探重点是寻找高效储层^[5]。前人对这些高效储层的形成机理进行了大量研究^[6-9],普遍认为压实强、胶结强,低地温梯度使有机质脱羧产生酸性水时间滞后及油气充注晚是储层致密的主要原因,而高效储层与绿泥石环边、浊沸石的溶蚀及易溶碎屑颗粒的蚀变有关。但在以下几个方面的研究略显不足:①绿泥石是如何抑制石英次生加大的?作为一个成岩体系,流体中的SiO₂不能以加大边的形式产出,那么它又将去向哪儿?以什么样的形式产出?②绿泥石的晶间微孔对储层储集性能真的有效吗?③成岩过程中孔隙水的性质是如何变化的?又是何时变的?与成岩体系又有什么关系?针对以上问题,通过大量的取心资料,结合扫描电镜、背散射及能谱分析,试图对以上问题进行讨论。

1 地质背景

鄂尔多斯盆地延长组为大型三角洲沉积建造,充填序列记录了该大型湖盆初始发育、快速拗陷至湖退兴衰的完整序列。延长组自下而上划分为10段,长10段—长1段。主力烃源岩为长7段,长7段暗色泥岩厚60~120 m,中、下部为优质烃源岩。油层主要分布在长8段、长6段及长3段三个油层组中。研究区构造平缓,为一简单的单斜,构造坡度约1/100,仅在单斜上发育一系列的低幅鼻状构造,为我国典型的隐蔽油藏^[1]。

延长组沉积后,至今经历了三次较大的构造运动,晚三叠世的印支运动、延安期末的燕山Ⅱ幕和早白垩世末的燕山Ⅴ幕。印支运动使延长组遭受剥蚀,西部剥蚀量较东部大,盆地西缘的镇泾地区普遍剥蚀至长4+5段,部分至长6段,向东至富县地区,长1段仍有保留。燕山Ⅱ幕使延安组遭受剥蚀,盆地东部剥蚀量大于西部,而燕山Ⅴ幕对该地区的构造和成藏具有非常重要意义,强烈的构造抬升使富县以东地区延长组出露地表,目前延长组的埋深普遍在0~1 500 m。这期构造变动影响整个鄂尔多斯盆地中生界油气的运移及烃源岩的生烃效率^[10]。受晚侏罗世—早白垩世构造热事件的影响^[11-13],古地温梯度从2.8~

2.9℃/100m 突升至 3.5~4.1℃/100m, 烃源岩在晚侏罗世开始生烃, 并于早白垩世晚期达到生烃高峰。

2 储层特征

储集砂体主要为分流河道砂岩和河口坝砂岩, 含有少量的远砂坝砂岩和浊积岩, 从厚度和稳定性来看, 水下分流河道砂岩和河口坝砂岩为首选勘探对象^[14~15]。

延长组砂岩储层自下而上具有相似的成分, 说明物源具有很好的继承性, 主要为粉—细粒长石砂岩, 含少量的岩屑长石砂岩(图1)。石英以单晶石英为主, 石英表面见大量孤立溶孔; 长石以钾长石为主, 含部分斜长石, 钾长石风化及蚀变明显, 但差别较大; 岩屑含量少, 以黑云母岩屑为主, 但分布不均, 局部富集, 含少量千枚岩岩屑, 砂岩成分成熟度和结构成熟度均低。

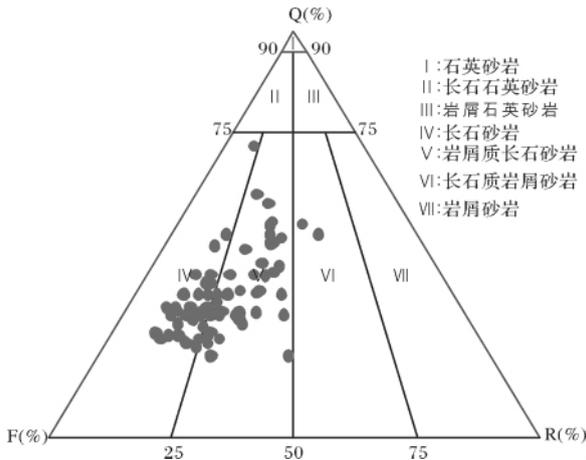


图1 延长组砂岩成分分类三角图

Fig. 1 QFL triangular diagram shows the classification of reservoir sandstones of the Yanchang Formation

3 成岩作用

延长组砂岩中的最主要的成岩作用有压实作用、胶结作用和溶蚀作用。溶蚀作用相对简单, 而胶结作用较为复杂, 有绿泥石环边胶结、自生石英胶结、自生伊利石胶结、方解石胶结和浊沸石胶结。其中绿泥石环边分布最为稳定, 含量在 0~14% 之间, 而伊利石和方解石分布不均, 仅在部分样品中可见, 自生石英普遍可见, 自下而上, 石英含量有增加的趋势, 浊沸石的胶结和溶蚀偶见, 方解石胶结的规律性不强。

3.1 压实作用

延长组压实作用为弱—中等, 但压实强度差别较

大, 深层砂岩储层的压实强度强于浅部, 富塑性岩屑的砂岩压实强度要大于刚性颗粒多的砂岩储层(图2a)。与压实作用同步生长的绿泥石环边可以抵消了一部分埋藏过程中上覆地层的机械压实作用, 减缓因压实作用而损失的原生孔隙。绿泥石发育的层段, 机械压实作用相对较弱。

3.2 胶结作用

(1) 绿泥石胶结: 绿泥石是研究区最主要的成岩黏土矿物, 根据自生绿泥石晶体的排列方式及其与颗粒的接触关系, 可以将绿泥石分为三种: 颗粒包膜绿泥石(图2b)、孔隙衬里绿泥石(图2b)和玫瑰花状绿泥石(图2c)^[16]。绿泥石的形成可以分为两个阶段: 首先, 颗粒表面黏土矿物在富铁、富镁的孔隙水中转化形成颗粒包膜; 其次被孔隙水中沉淀出来的绿泥石所包裹, 形成孔隙衬里。

(2) 自生石英胶结: 延长组砂岩储层中自生石英易见, 主要以两种形式产出: 一种为雏晶石英(图2d); 另一种为石英加大边(图2e)。雏晶石英主要发育在绿泥石环边发育的孔隙中, 晶形好, 但由于受生长空间的限制, 数量多但含量并不高; 而石英加大边主要出现在绿泥石环边不发育或环边不连续的砂岩中。

(3) 自生伊利石胶结: 伊利石主要发育在长6—长8段, 呈丝缕状、毛发状分布于绿泥石的表面, 伊利石仅分布在个别样品中, 规律性不强。偶尔还可见伊/蒙混层呈网格状生长。

(4) 方解石胶结: 方解石胶结物以两种形式产出, 一种为同生阶段的基底式胶结, 含量 20%~50%; 另一种为成岩期的孔隙式胶结, 呈斑块状, 含量 0~12%。

(5) 浊沸石胶结: 浊沸石胶结物是延长组砂岩最主要的成岩矿物, 安塞—靖边亿吨级油田均与浊沸石有关, 浊沸石溶蚀形成的次生孔隙是其主要的储集空间^[1]。但是富县以南地区延长组中浊沸石含量普遍不高, 呈斑块状不均匀分布, 仅见少量的浊沸石胶结和溶蚀现象, 且富县东部高于西部, 以长3段为主(图2f)。

3.3 溶蚀作用

总体来看, 溶蚀作用较为普遍, 大量的钾长石发生了不同程度的蚀变, 但溶蚀并不彻底。相比而言, 长6段以上地层的溶蚀作用要强于长6段以下地层, 而浊沸石的溶蚀极为有限。

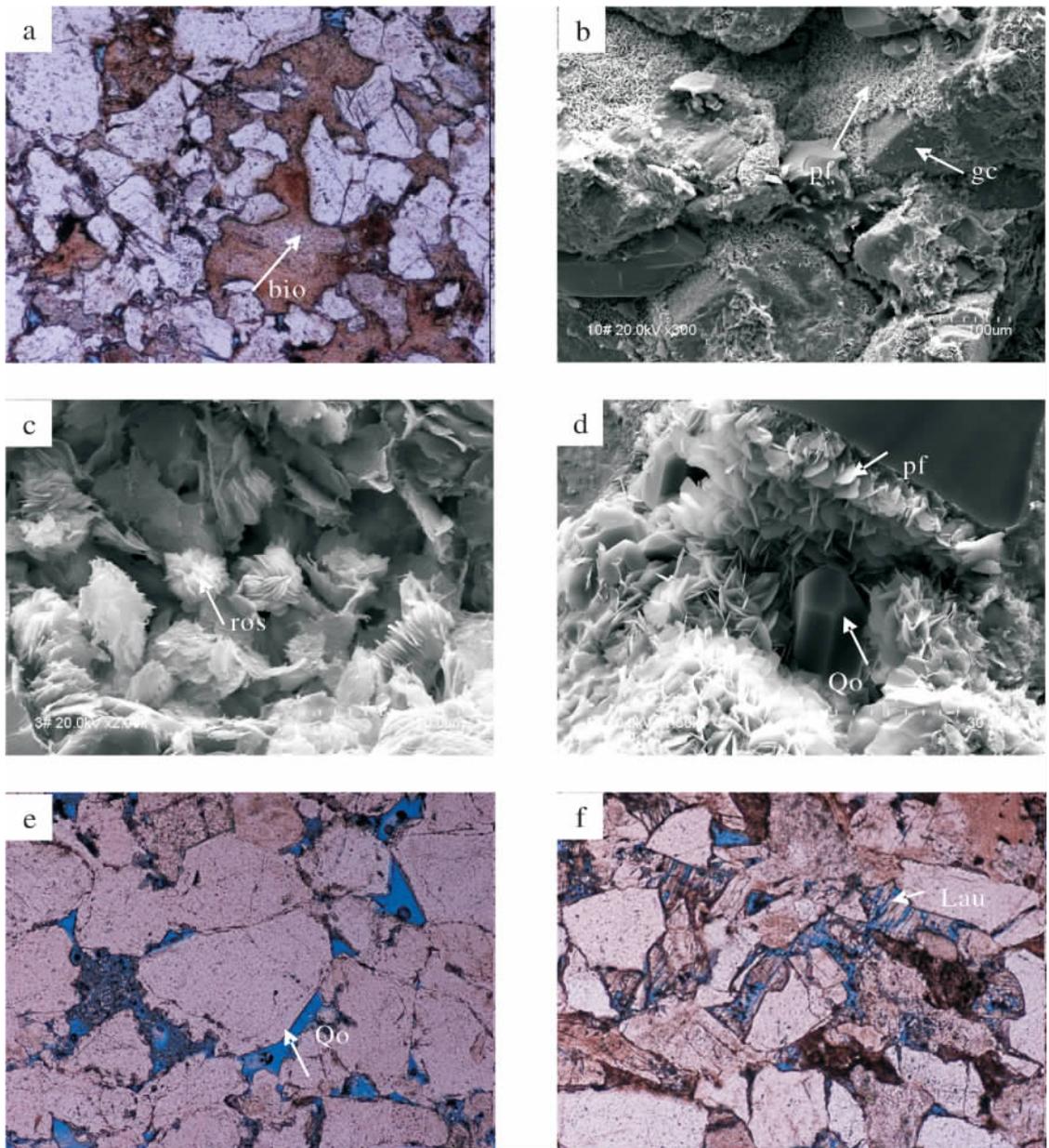


图2 延长组主要成岩作用的显微照片

- a. 黑云母岩屑在压实过程发生塑性变形,使颗粒呈凹凸接触 ZF20 井 758.95 m,蓝色铸片,单偏光,10×10; b. 在孔隙衬里绿泥石脱落处可见颗粒包膜绿泥石,粒度小、晶形差 ZF43 井 845.12 m SEM; c. 玫瑰花状绿泥石,呈绒球状分布于孔隙空间中,质点落在孔隙衬里绿泥石上 ZF22 井 736.35 m,SEM; d. 绿泥石环边形成后产生的自生石英雏晶,晶形好, ZF3 井 511.75 m,SEM; e. 绿泥石环边不发育,石英次生加大明显 ZF22 井 182.50 m,蓝色铸片,单偏光,10×10; f. 浊沸石胶结物,溶蚀明显 ZF43 井 369.5 m,蓝色铸片,单偏光,10×10; gc: 颗粒包膜绿泥石; pf: 孔隙衬里绿泥石, ros: 玫瑰花状绿泥石, bio: 黑云母, Lau: 浊沸石胶结物, Qo: 自生石英。

Fig. 2 Microphotographs of main diagenesis occurred in Yanchang Formation

4 讨论

4.1 成岩序列

成岩序列主要是通过各种成岩矿物的接触关系进行研究,绿泥石环边在颗粒接触处消失(图3a),且

绿泥石衬里为等厚环边,说明其生长空间充足且孔隙水循环流畅,形成时间早,但晚于初始压实阶段(同生阶段)。在方解石胶结的砂岩中,颗粒呈飘浮状,偶见点接触,绿泥石环边较薄,而没有被方解石胶结的砂岩,则环边较厚,说明绿泥石在方解石胶结前已

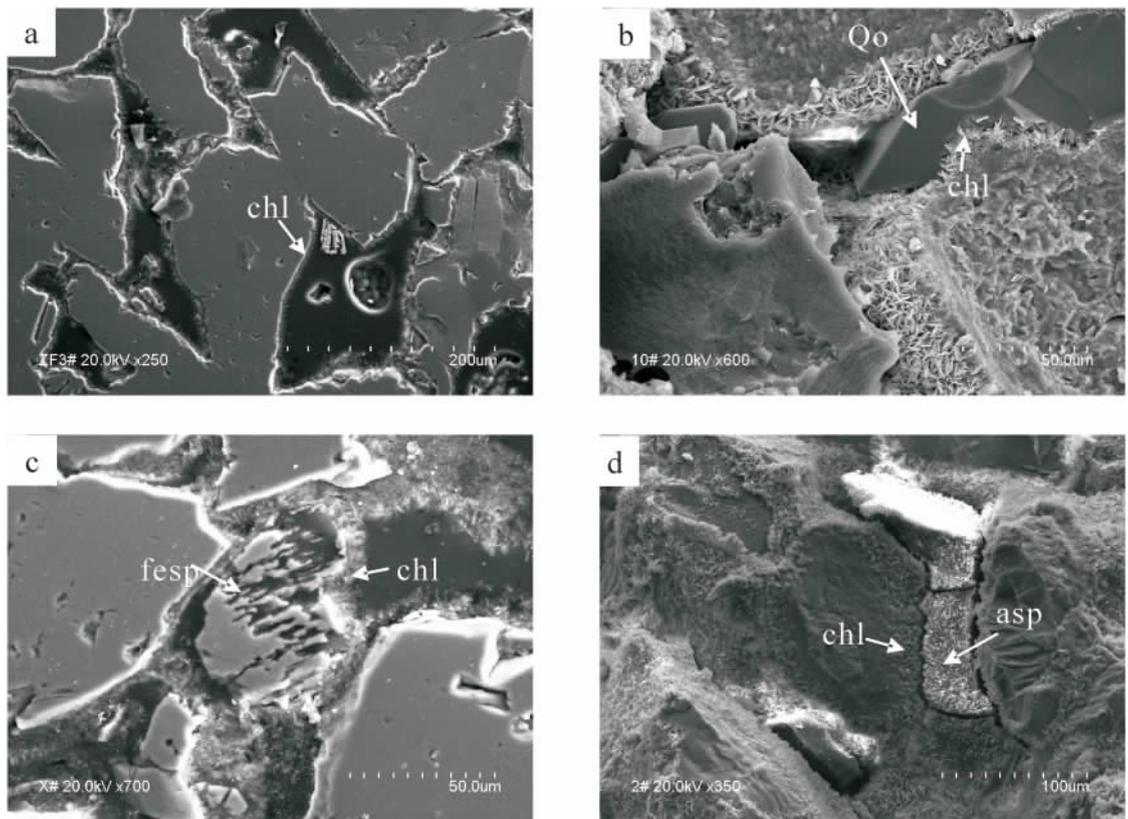


图 3 延长组主要成岩作用的显微照片

a. 颗粒接触处无绿泥石环边, 绿泥石呈等厚环边, ZF3 井 511.75 m, BSE; b. 自生石英包裹绿泥石, 说明自生石英形成晚于绿泥石, ZF43 井 845.12 m, SEM; c. 被绿泥石环边包裹的长石沿解理发生蚀变, 中富 28 井 924.64, BSE; d. 沥青分布于被绿泥石胶结之后的原生粒间孔中, 绿泥石晶间微孔中未见有沥青, ZF43 井 845.12 m, SEM。chl: 绿泥石, fesp: 长石, asp: 沥青, Qo: 自生石英。

Fig. 3 Microphotographs of main diagenesis in Yanchang Formation

经开始生长, 但方解石形成过程中, 绿泥石的生长并没有停止, 方解石胶结物的形成阻止了绿泥石环边的继续生长。研究区绿泥石形成后, 见石英雏晶的形成, 石英雏晶主要发育在被绿泥石环边胶结后的剩余原生粒间孔中, 常见绿泥石包裹石英雏晶(图 3b), 说明石英雏晶的形成时间晚于绿泥石环边的形成。伊利石主要分布在绿泥石的表面, 说明伊利石形成晚于绿泥石环边, 伊利石形成于富钾的环境中, 钾长石蚀变可以提供高岭石和 SiO_2 , 高岭石与钾长石反应可形成伊利石, 所以伊利石的形成晚于自生石英的形成或与自生石英同步, 但肯定晚于钾长石的蚀变。在以上分析的基础上, 结合成岩强度研究^[15], 建立了研究区主要成岩作用的成岩序列(图 4)。

4.2 孔隙水性质的变化

成岩作用过程初期孔隙水性质与沉积环境有密切的关系。成岩作用早期, 厌氧细菌分解有机质及孔

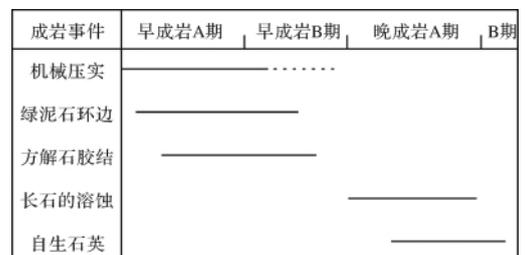


图 4 延长组主要成岩事件序列图

Fig. 4 Main diagenetic sequence of the Yanchang Formation

隙水中的 SO_4^{2-} 释放 H_2S , 使 Eh 降低, 而 pH 急剧增加, 形成碱性还原条件。在这种情况下, 水体中的高价铁 (Fe^{3+}) 被还原而产生低价铁的化合物, 如黄铁矿、绿泥石, 同时形成大量方解石。碱性还原环境一直持续到白垩纪早期, 受构造热事件的影响, 开始大规模的生烃, 干酪根发生热解作用, 有机酸的羧基变成了 CO_2 ($\text{R}-\text{COOH} \rightarrow \text{RH} + \text{CO}_2$), 孔隙水由早期的碱性

转变为酸性,从而使钾长石发生溶蚀,形成大量的伊利石和 SiO_2 。酸性孔隙水一直持续到现在,目前孔隙水的pH仍在5~6.5之间。所以孔隙水从碱性转变为酸性应该是在早白垩世末。水体性质变化的直接结果是绿泥石环边的停止生长及长石等矿物开始发生溶蚀。

4.3 延长组成岩体系特征

鄂尔多斯盆地东南部延长组埋深普遍较浅,长8段埋深一般不超过1200m,长7段以下地层由于区域性泥岩的封闭,且在长7段泥岩中存在欠压实,水型为 CaCl_2 型水,均表明与大气降水隔绝,自成一个独立的封闭体系;而长6段—长3段,由于埋深浅,部分地层可能遭受大气淡水的影响,主要表现为地层水从长7段以下的 CaCl_2 型水向 NaHCO_3 型水过渡,反映出成岩体系已由下伏的封闭体系向半封闭体系转变;而长2段以上地层,部分已暴露地表,受大气降水的影响,地层水以 NaHCO_3 型水为主,说明为半开放体系。

对于长8段,由于处于封闭体系中,与上覆地层很难发生物质交换,钾长石蚀变生成的 SiO_2 和高岭石无法带出反应体系,绿泥石环边抑制了石英的次生加大,成岩水体中过饱和的 SiO_2 以雏晶的形式产出于粒间孔中;而高岭石与钾长石反应形成伊利石。长6段—长3段为半封闭的成岩体系,长石蚀变生成 SiO_2 一部分被带出反应体系,而另一部分则在孔隙中仍以雏晶的形式沉淀出来(图2d),被带出反应体系的 SiO_2 进入上覆地层中,由于上覆地层中绿泥石环边欠发育,局部不连续,所以被带入的 SiO_2 和长2段以上地层由于大气淡水淋滤长石蚀变形成的 SiO_2 共同在无绿泥石环边的颗粒边缘以加大边的形式产出(图2e)。整个过程可用图5来表示。

4.4 绿泥石环边对石英次生加大的抑制

绿泥石对孔隙的保存机理仍有诸多问题尚未解决^[17],但是均认为形成于石英次生加大之前的绿泥石对孔隙具有一定的保存作用^[18~22]。绿泥石环边发育的地方,石英胶结相对不发育,但仍可见大量的石英雏晶存在。所以自生绿泥石从空间上将自生石英的颗粒表面与孔隙流体隔离,从而抑制石英自生加大的说法是值得商榷的,通过扫描电镜发现,绿泥石晶间存在大量的晶间微孔,不可能将颗粒表面与孔隙流体隔离。薄片下也常见绿泥石环边包裹的长石沿解理被溶蚀而仅存绿泥石环边(图3c)。铸模孔的形成也说明绿泥石并没有隔离颗粒表面与流体。绿泥

石形成时期,它对孔隙流体的pH值有一定的调节能力,当砂岩中出现绿泥石且绿泥石含量较高时,会形成一个偏碱性的微区环境^[23],石英的溶解度较大,而此时孔隙流体中 SiO_2 的含量本身就很低,所以很难见到自生石英的出现。

不管是钾长石还是斜长石,在酸性条件下蚀变后会产生大量的 SiO_2 和高岭石。如果当时的成岩体系是开放的,则蚀变形成的 SiO_2 可以被带出反应体系,在其它地方以石英加大边的形式出现。而如果是成岩晚期的封闭—半封闭成岩体系,产生的 SiO_2 大于被孔隙流体带走的 SiO_2 时,过饱和的 SiO_2 迟早会沉淀出来。由于绿泥石环边的产生,绿泥石的存在使石英的次生加大被限制在了绿泥石的页片中,阻止自生石英胶结物在碎屑石英颗粒的表面成核^[24],不能形成共轴再生胶结物,石英只能以雏晶的形式沉淀出来,而当绿泥石不连续时,石英仍可以加大边的形式出现,所以不管是开放体系还是封闭体系,只有当绿泥石的环边呈连续分布且有一定厚度时,才能抑制石英的次生加大。

4.5 绿泥石晶间孔的作用

自生绿泥石存在约51%的晶间微孔^[25]。对于石油而言,在油气二次运移过程中,石油不可能有如此大的运移动力克服毛细管压力来驱替晶间微孔中的地层水,所以对油藏而言,这些晶间微孔对储集石油是毫无意义的。电镜下也可以看到沥青仅存在于绿泥石环边胶结之后的粒间孔中(图3d),而从未在绿泥石的晶间孔中见沥青。但对于天然气,由于气水密度差远大于油水密度差,气水之间存在较大的浮力,晶间微孔才有可能作为储集空间。虽然绿泥石的晶间微孔对油藏来说是无效的,但是这些晶间微孔为后期酸性水的溶蚀提供了良好的运移通道,有利于后期溶蚀作用的发生,具有改善储层储集物性的作用。

5 结论

(1) 绿泥石确实能够抑制石英的次生加大,其机理主要是改变孔隙微区环境及占据颗粒表面空间、阻止自生石英在碎屑石英表面成核来完成。对于封闭体系, SiO_2 无法带出反应体系,石英仍会以雏晶的形式产出;而如果是半封闭—半开放体系,体系中流体在纵向上发生物质交换,则 SiO_2 会在绿泥石环边欠发育的地方以加大边的形式出现。

(2) 绿泥石的晶间微孔对储集石油来说是无效的,油柱不可能有如此大的运移动力驱替绿泥石晶间

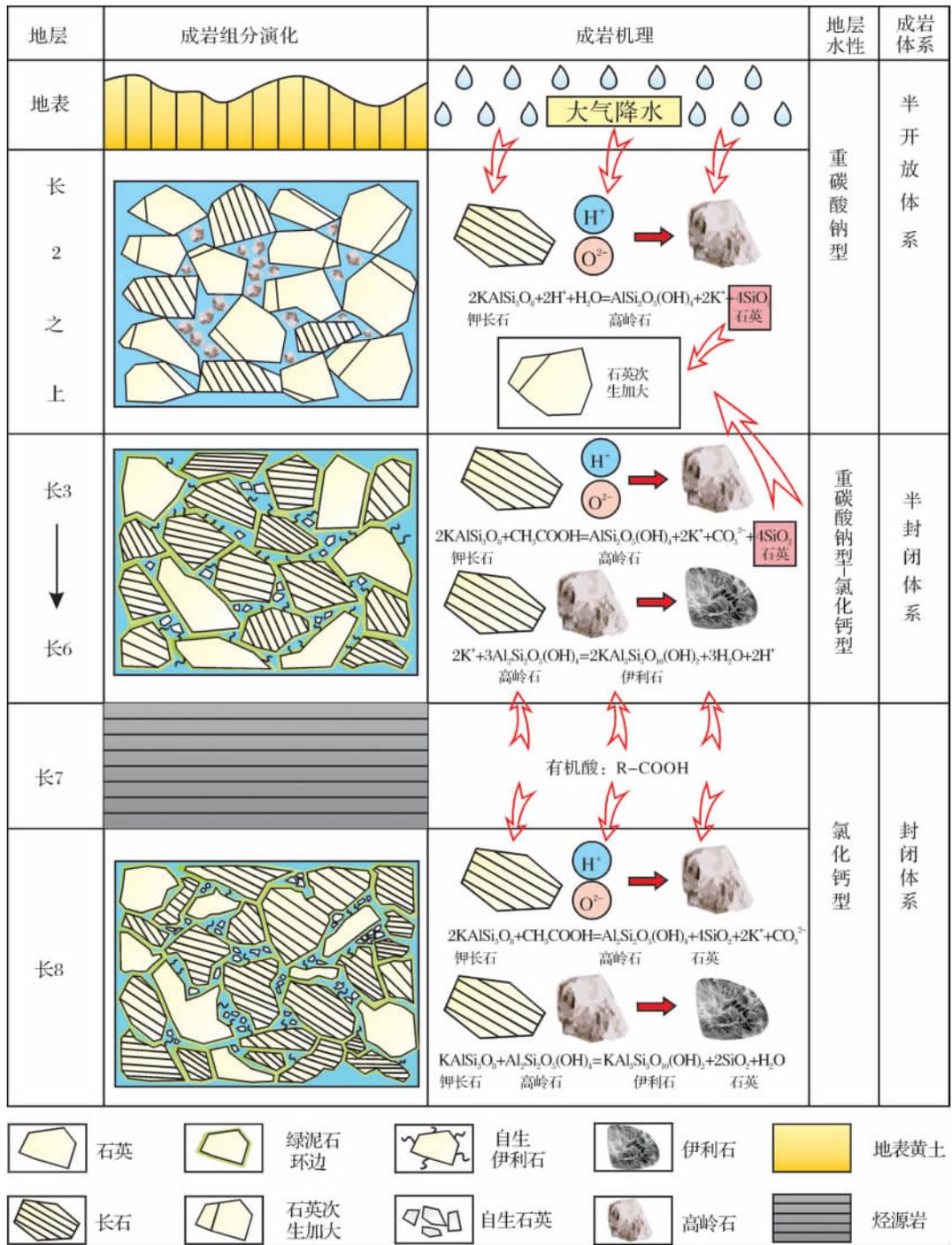


图 5 延长组成岩体系中物质交换及物质转变模式图

Fig. 5 Mass exchange and transformation of diagenetic systems, Yanchang Formation

的孔隙水,但可以为成岩后期酸性水的流动提供部分运移通道,进而形成次生孔隙以改善储层的储集物性。

(3) 研究区孔隙水经历了从碱性向酸性的转变,转变的时间与早白垩世末干酪根的大规模生烃有关,酸性孔隙水可以持续到目前。

(4) 研究区延长组高效储层的形成需具备以下几个条件:黑云母岩屑少、孔隙衬里绿泥石发育、方解石胶结适度,最好有浊沸石的溶蚀和长石的蚀变。

参考文献 (References)

1 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气[M]. 北京: 石油工业出版社,

- 2003 [He Zixin. The Evolution and Petroleum in Ordos Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press 2003]
- 2 司学强, 张金亮. 西峰油田长8油组沉积相与油气分布规律[J]. 西南石油大学学报, 2008, 30(6): 67-71 [Si Xueqiang, Zhang Jinliang. Sedimentary facies and hydrocarbon distribution law in Chang 8 reservoirs, Xifeng Oilfield [J]. Journal of Southwest Petroleum University, 2008, 30(6): 67-71]
 - 3 付金华, 罗安湘, 喻建, 等. 西峰油田成藏地质特征及勘探方向[J]. 石油学报, 2004, 25(2): 25-29 [Fu Jinhua, Luo Anxiang, Yu Jiang, et al. Geological features of reservoir formation and exploration strategy of Xifeng Oilfield [J]. Acta Petrolei Sinica 2004, 25(2): 25-29]
 - 4 丁晓琪, 张哨楠, 刘朋坤. 镇泾区块延长组层序地层格架下油层富集规律[J]. 西南石油大学学报, 2008, 30(2): 49-54 [Ding Xiaoqi, Zhang Shaonan, Liu Pengkun, et al. Research on oil distribution in sequence framework of Yanchang Formation, Zhen-Jing field [J]. Journal of Southwest Petroleum University, 2008, 30(2): 49-54]
 - 5 Liu Xinshe, Xi Shengli, Huang Daojun. Dynamic conditions of Mesozoic petroleum secondary migration, Ordos Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2008, 35(2): 143-147
 - 6 Zeng Lianbo, Li Xiangyang. Fractures in sandstone reservoirs with ultra-low permeability: A case study of the Upper Triassic Yanchang Formation in the Ordos Basin, China [J]. AAPG Bulletin, 2009, 93(4): 461-477
 - 7 杨华, 杨奕华, 石小虎, 等. 鄂尔多斯盆地周缘晚古生代火山活动对盆内砂岩储层的影响[J]. 沉积学报, 2007, 25(4): 526-534 [Yan Hua, Yan Yihua, Shi Xiaohu, et al. Impaction on sandstones of late Paleozoic volcanism of Ordos basin boundary [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(4): 526-534]
 - 8 朱国华. 陕北油沸石次生孔隙砂体的形成与油气关系[J]. 石油学报, 1985, 6(1): 1-8 [Zhu Guohua. Formation of laumontitic sand bodies with secondary porosity and their relationship with hydrocarbons [J]. Acta Petrolei Sinica, 1985, 6(1): 1-8]
 - 9 李红, 柳益群, 刘林玉. 鄂尔多斯盆地西峰油田延长组长8₁低渗透储层成岩作用[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(2): 209-217 [Li Hong, Liu Yiqun, Liu Linyu. Diagenesis of Chang 8₁ reservoir with low permeability in Xifeng oilfield, Ordos Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(2): 209-217]
 - 10 黄志龙, 江青春, 席胜利, 等. 鄂尔多斯盆地陕北斜坡带三叠系延长组和侏罗系油气成藏期研究[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2009, 24(1): 21-24 [Huang Zhilong, Jiang Qingchun, Xi Shengli, et al. Study on oil and gas accumulation period of Yanchang Formation of Triassic and Jurassic in North Shaanxi slope zone, Ordos Basin [J]. Journal of Xi'an Shiyu University: Natural Science Edition, 2009, 24(1): 21-24]
 - 11 Zhao Mengwei, Hans Jurgen Behr. Vitrinite reflectance in Triassic with relation to geothermal history of Ordos basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 1996, 17(2): 15-23.
 - 12 赵孟为, Behr H J. 鄂尔多斯盆地三叠系镜质体反射率与地热史[J]. 石油学报, 1996, 17(2): 15-23 [Zhao Mengwei, Hans Jurgen Behr. Vitrinite reflectance in Triassic with relation to geothermal history of Ordos basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 1996, 17(2): 15-23]
 - 13 Zhao Mengwei, Behr H J, Ahrendt H. Thermal and tectonic history of the Ordos Basin, China: Evidence apitite fission track analysis, vitrinite reflectance and K-Ar dating [J]. AAPG Bulletin, 1996, 80(7): 1110-1134
 - 14 Fu Guomin, Qin Xiaoli, Miao Qing, et al. Division of diagenesis reservoir facies and its control: Case study of Chang-3 reservoir in Yangchang Formation of Fuxian exploration area in northern Shaanxi [J]. Mining Science and Technology, 2009, 19(4): 537-543
 - 15 谢渊, 王剑, 刘家泽, 等. 鄂尔多斯盆地东南部延长组湖盆致密砂岩储层层序地层与油气勘探[M]. 北京: 地质出版社, 2004 [Xe Yuan, Wand Jian, Liu Jiaduo, et al. Sequence Stratigraphy and Petroleum Exploration of Tight Sandstones of Yanchang Formation Lacustrine, Southeast Ordos Basin [M]. Beijing: Geological Publishing House 2003]
 - 16 Jeffrey D Grigsby. Origin and growth mechanism of authigenic chlorite in sandstones of the Lower Vicksburg Formation, South Texas [J]. Journal of Sedimentary Research, 2001, 71(1): 27-36.
 - 17 Anjos S M C, De Ros L F, Silva C M A. Chlorite authigenesis and porosity preservation in the Upper Cretaceous marine sandstones of the Santos Basin, offshore eastern Brazil [J]. International Association of Sedimentology Special Publication 2003, 34(2): 291-316
 - 18 Anna B, Susanne G, Peter K. Porosity-preserving chlorite cements in shallow-marine volcanic clastic sandstones: Evidence from Cretaceous sandstones of the Sawan gas field, Pakistan [J]. AAPG Bulletin, 2009, 93(5): 595-615
 - 19 Hillier S. Pore-lining chlorites in siliciclastic reservoir sandstones: Electron microprobe, SEM and XRD data, and implications for their origin [J]. Clay Minerals, 1994, 29(4): 665-679.
 - 20 Aminul I M. Diagenesis and reservoir quality of Bhuvan sandstones (Neogene), Titas Gas Field, Bengal Basin, Bangladesh [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2009, 35(1): 89-100.
 - 21 张金亮, 司学强, 梁杰. 陕甘宁盆地庆阳地区长8油层砂岩成岩作用及其对储层性质的影响[J]. 沉积学报, 2004, 22(2): 225-233 [Zhang Jinliang, Si Xueqiang, Liang Jie. Diagenesis of lacustrine deltaic sandstones and its impact on reservoir quality [J]. Acta Sedimentologica Sinica 2004, 22(2): 225-233]
 - 22 Aagaard P, Jahren J S, Harstad A O, et al. Formation of grain coating chlorite in sandstones: Laboratory synthesized vs. natural occurrences [J]. Clay Minerals, 2000, 35(1): 261-269
 - 23 田建锋, 陈振林, 杨友运. 自生绿泥石对砂岩储层孔隙的保护机理[J]. 地质科技情报, 2008, 27(4): 49-54 [Tian Jianfeng, Chen Zhenlin, Yang Youyun. Protection mechanism of authigenic chlorite on sandstone reservoir pores [J]. Geological Science and Technology Information, 2008, 27(4): 49-54]
 - 24 Billant V, Beutort D, Baronnet A, et al. A nanopetrographic and textural study of grain-coating chlorites in sandstone reservoirs [J]. Clay Minerals, 2003, 38(3): 315-328
 - 25 Hurst A. Nadeau H P. Clay microporosity in reservoir sandstones: an application of quantitative electron microscopy in petrophysical evaluation [J]. AAPG Bulletin, 1995, 9(4): 563-573

Research on Diagenesis System of Yanchang Formation Reservoirs , Southeast Ordos Basin

DING Xiao-qi ZHANG Shao-nan GE Peng-li YI Chao

(State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation , Chengdu University of Technology , Chengdu 610059)

Abstract Yanchang Formation sited in the southern-eastern Ordos Basin has been proven a prolific reservoir unit for hydrocarbon resources. Featured by relatively low porosity and effective permeability , the quality of the reservoir has a significant impact on the migration and accumulation of oil and gas. By analyzing the petrophysic data from thin-section samples , BSE , Energy Spectrum Analysis and core plugs , we reached the following conclusions: 1. The rimming of chlorite has an important control on the reservoir quality –such diagenetic process is characterized as a product of delta front depositional environment where is mineralogically rich in black mica and feldspar. 2. It effectively reduced the compaction effect from the overburden through burial history , therefore contributed to the preservation of primary porosity , simultaneously , ceased the diagenetic overgrowth of quartz grains. 3. The associate presence of calcite re-orientated the grains into porphyroblastic structure , but arbitrarily distributed due to the small quantity. 4. Authquartz has a prominent vertical change , which is often observed as small crystal forming with chlorite rimming in a close space. However , in semi-closed spaces , quartz is prone to migrate upwards , stop and develop as overgrowth where the intergranular space is not fully taken by chlorite. Through the study , we sorted out the controls and developing mechanisms of qualified reservoirs in Yanchang Formation , and therefore guide the future exploration.

Key words diagenesis; chlorite rims; calcite; Ordos basin; autogenetic quartz; tight sandstones