

鄂尔多斯盆地安塞油田长10优质储层特征

李克永¹, 李文厚², 张东阳³, 严卫宏², 陈全红⁴, 刘昊伟⁵
LI Ke-yong¹, LI Wen-hou², ZHANG Dong-yang³, YAN Wei-hong²,
CHEN Quan-hong⁴, LIU Hao-wei⁵

1. 西安科技大学期刊中心, 陕西 西安 710054; 2. 西北大学地质学系, 陕西 西安 710069;
 3. 长庆油田公司勘探部, 陕西 西安 710021; 4. 中国海洋石油总公司北京研究总院, 北京 100027;
 5. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083
1. *Periodical Center, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, Shaanxi, China;*
2. *Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China;*
3. *Changqing Oilfield Branch Company of CNPC, Xi'an 710021, Shaanxi, China;*
4. *CNOOC Beijing General Research Institute, Beijing 100027, China;*
5. *Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing 100083, China*

摘要:鄂尔多斯盆地安塞油田长10期发育以细砂岩和中砂岩为主的长石砂岩,胶结物主要有浊沸石、石英加大等硅质胶结物、绿泥石和方解石;在早成岩早期酸性地层水大量溶蚀颗粒间胶结物,压实作用强烈,在中成岩早期,湖相泥岩中生成的酸性介质溶蚀砂岩颗粒间的胶结物及长石和岩屑颗粒碎屑,形成次生溶蚀孔隙,从而形成优质储层。纵向上,在不整合面和层序界面附近,储层溶蚀作用强烈,次生孔隙发育,是优质储层发育部位,向上溶蚀作用逐渐变弱;在平面上,越靠近湖盆中心溶蚀作用越强,越远离湖盆中心溶蚀作用越弱。鄂尔多斯盆地安塞油田长10优质储层主要发育在三角洲平原高能分流河道发育带,溶蚀作用形成的浊沸石溶蚀孔隙、方解石溶蚀孔隙、长石溶蚀孔隙等次生孔隙成为优质储层形成的有利相带。

关键词:优质储层;成岩作用;沉积微相;延长组;安塞油田

中图分类号:TE122.2*21 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2013)09-1453-08

Li K Y, Li W H, Zhang D Y, Yan W H, Chen Q H, Liu H W. An analysis of favorable reservoir characteristics of Chang 10 Formation in the Ansai oilfield, Ordos Basin. *Geological Bulletin of China*, 2013,32(9): 1453-1460

Abstract: The cements of feldspathic sandstone in Chang 10 formation mainly include such types as laumontite, quartz overgrowth, chlorite and calcite. Compaction was intense in early diagenesis because the formation water changed into acidic media and particles lacked the support of cement. Secondary pores were formed in Middle diagenesis because the acidic water derived from the mudstone of lake facies dissolved cements, feldspar, and lithic grains during the migration process from source rocks to sandstones, thus forming the favorable reservoir. In the vertical direction, the reservoir dissolution in unconformity and sequence boundary was intense, and secondary pores were developed. Upwards, the dissolution gradually became weaker, and hence secondary pores were not developed. In the plane, the dissolution became gradually weaker from the hydrocarbon center to the shore. The favorable reservoirs of Chang 10 formation in the Ansai oilfield are mainly distributed in high-energy distributary channel of the delta plain, and a large number of secondary pores formed by dissolution become beneficial facies of the favorable reservoir.

Key words: favorable reservoir; diagenesis; sedimentary microfacies; Yanchang Formation; Ansai oilfield

根据储层发育特征及产油气状况,将低孔低渗、层,孔隙度和渗透率值因含油气盆地或者含油气区块的不同而有所不同^[1-3]。随着油气勘探开发的深

收稿日期:2012-04-24;修订日期:2013-08-16

资助项目:国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(编号:2003CB214602)、陕西省教育厅科学研究计划项目(编号:2010JK919)

作者简介:李克永(1970-),男,博士,从事油气田地质与开发的研究工作。E-mail:kyli36@163.com

入,有关鄂尔多斯盆地延长组优质储层的研究成果逐渐增多,特别是优质储层发育相带、分布规律、与成岩作用的关系等方面^[3-6]。许多学者认为^[7-8]中成岩早期,烃源岩中形成的有机酸对易溶矿物产生溶蚀作用,其中的方解石、浊沸石、石膏等胶结物,以及长石、岩屑等颗粒形成大量的次生孔隙,次生孔隙发育部位的高孔高渗地带所形成的优质储层易于形成岩性油藏。

安塞油田位于鄂尔多斯盆地陕北斜坡中东部偏南处,是中国陆地上最早开发的亿吨级整装特低渗透油田。鄂尔多斯盆地长 10 早期开始形成并逐步扩大加深,发育曲流河沉积、曲流河三角洲沉积,盆地东北部的广大地区发育曲流河、辫状河,盆地西南部发育冲积扇、辫状河,盆地以加积为主,局部填平补齐,长 10 中晚期盆地中南部发育滨浅湖沉积,湖盆走向呈 NW—SE 的葫芦状锥形,此时湖盆东北部、西南部发育了三角洲沉积,具进积序列的特征。长 10 油层组厚约 309m,发育 1 套灰色、灰绿色、肉红色中—厚层块状中、粗长石砂岩(图 1),与灰色、深灰色、灰黑色砂质泥岩、泥岩、炭质泥岩不等厚互层,夹暗紫色泥岩,局部见煤线。砂岩富含浊沸石和方解石并常因胶结物分布不均匀呈斑点状,砂体多呈河道透镜体,大型槽状、板状交错层理及平行层理发育,基底冲刷面起伏明显(图 2)。鉴于安塞地区高 52 井长 10 油层在 2007 年获得工业油流,使得长 10 油层组成为延长组勘探发现的新层系,笔者从安塞油田的低孔低渗储层物性特征入手,明确安塞油田长 10 油层组成岩作用与孔隙演化对优质储层的影响及优质储层的分布规律。

1 储层的基本特征

1.1 岩石学特征

安塞油田长 10 油层组的主要岩石类型为长石砂岩(图 1),以细砂岩和中砂岩为主,碎屑成分以长石、石英为主。其中长石含量为 42.5%~68%,平均为 60.7%;石英含量为 21%~27.7%,平均为 25.2%;岩屑含量为 6.5%~10.1%,平均为 9.3%;云母含量为 2.5%~6.5%,平均为 4.8%。

1.2 胶结物成分

安塞油田长 10 填隙物组分总体含量不高,但变化较大。长 10 油层组中填隙物由胶结物、杂基等碎屑粘土矿物组成。胶结物多为浊沸石、石英加大等硅质胶结物,绿泥石等黏土矿物及少量铁方解石等

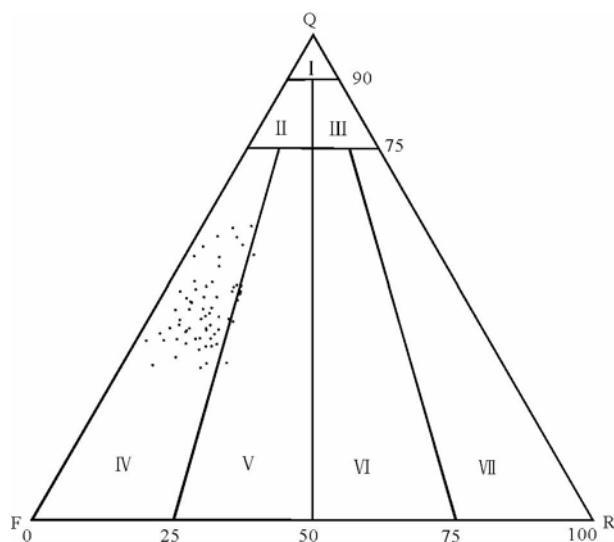


图 1 安塞油田长 10 储集层砂岩类型

Fig. 1 Sandstone type of Chang 10 reservoir in the Ansai oilfield
I—石英砂岩; II—长石石英砂岩; III—岩屑石英砂岩; IV—长石砂岩; V—岩屑长石砂岩; VI—长石岩屑砂岩; VII—岩屑砂岩

胶结物(图版 I)。其中,浊沸石的含量最多,为 5%~10%,平均为 7.3%,硅质胶结为 1.5%~2.5%,平均为 2.2%,水云母含量约占 0.9%,绿泥石含量约占 0.7%,铁方解石含量约占 1.27%。

1.3 物性特征

对研究区内 40 口井的油层段进行了取心和常规物性分析,通过四性关系研究,以岩心分析为基础,根据孔隙度与渗透率数据,剔除微裂缝发育的样品后作相关图解,可见孔隙度与渗透率具有较好的相关性,可用于解释储层渗透率。据研究区 40 口井 100 块岩心样品的分析资料统计,本区长 10₁ 储层孔隙度分布范围在 6%~10%之间,占样品数的 75%,峰值为 9%~10%,占样品数的 25%。渗透率分布范围在 $0.03 \times 10^{-3} \sim 6.66 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均值为 $0.6 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,渗透率分布比较分散,呈多峰态,在 $0.1 \times 10^{-3} \sim 0.6 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,占样品数的 48.94%,峰值为 $0.3 \times 10^{-3} \sim 0.6 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,占样品数 29.79%,次峰值 $0.02 \times 10^{-3} \sim 0.06 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,占样品数 21.28%。因此,研究区长 10 地层大面积分布的是低孔低渗储层。

1.4 孔隙类型

据铸体薄片和扫描电镜观察分析,本区砂岩储集层的储集空间以粒间孔为主,沸石溶孔和长石溶孔次之(图 3),按成因可划分为原生孔隙和次生孔隙两大类。

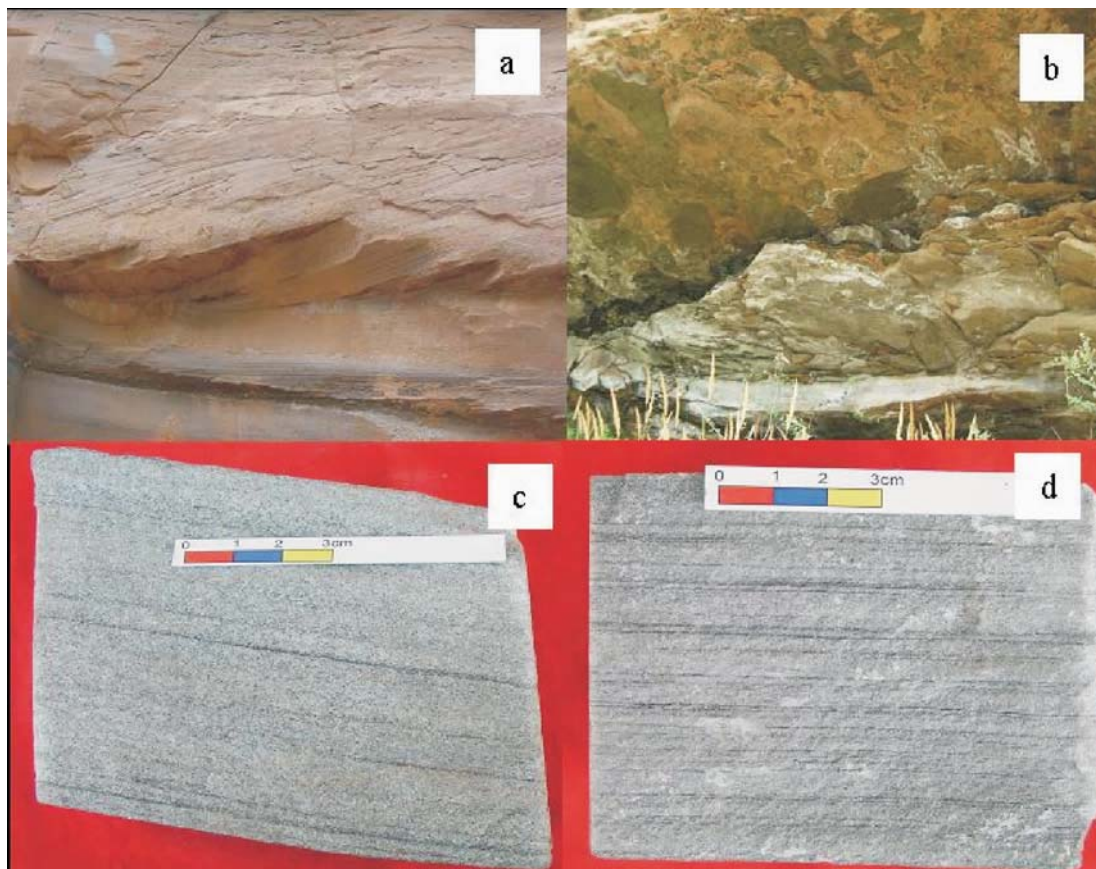


图 2 安塞油田长 10 层理构造特征

Fig. 2 Bedding structure features of Chang 10 reservoir in the Ansai oilfield
a—长 10 大型槽状交错层理(野外照片);b—仕望河剖面长 10 底部砾岩(野外照片);
c—王 519 井长 10 板状交错层理(岩心照片);d—高 31 井长 10 平行层理(岩心照片)

原生孔隙是指沉积后经压实而未被充填保留下来的颗粒与颗粒之间的孔隙，其保存受到地层埋藏深度、碎屑颗粒成分、粘土杂基含量及胶结作用的控制。在长 10 储层中，原生孔隙占到总孔隙度的 4.2% 左右。次生孔隙是成岩作用及成岩后作用因溶蚀而产生的孔隙。安塞油田长 10 地层在早成岩阶段的早期产生的有机腐殖酸性孔隙水，使得地层中的胶结物不能充填在孔隙中形成原生孔隙，这些原生孔隙在后期压实过程中在沉积有利相带被保留下来，成为溶蚀作用发育的优质储层。因此，长 10 储层的孔隙类型多为原生粒间孔与次生溶孔。

2 成岩作用与孔隙演化对优质储层的影响

2.1 成岩作用对优质储层的影响

早成岩早期地层中的地层水使得颗粒间缺乏基

质的支撑，压实作用变强，泥质等碎屑呈假杂基状充填在原生孔隙中，烃源岩中形成的有机酸性水只能局限地充填，改善了储层的孔渗储集性能^[9-11]。由此可见，早成岩期的压实作用是造成储层低孔隙度、低

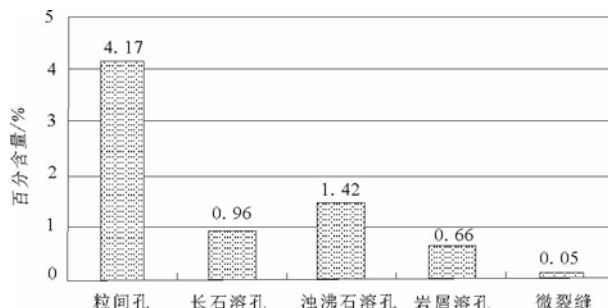
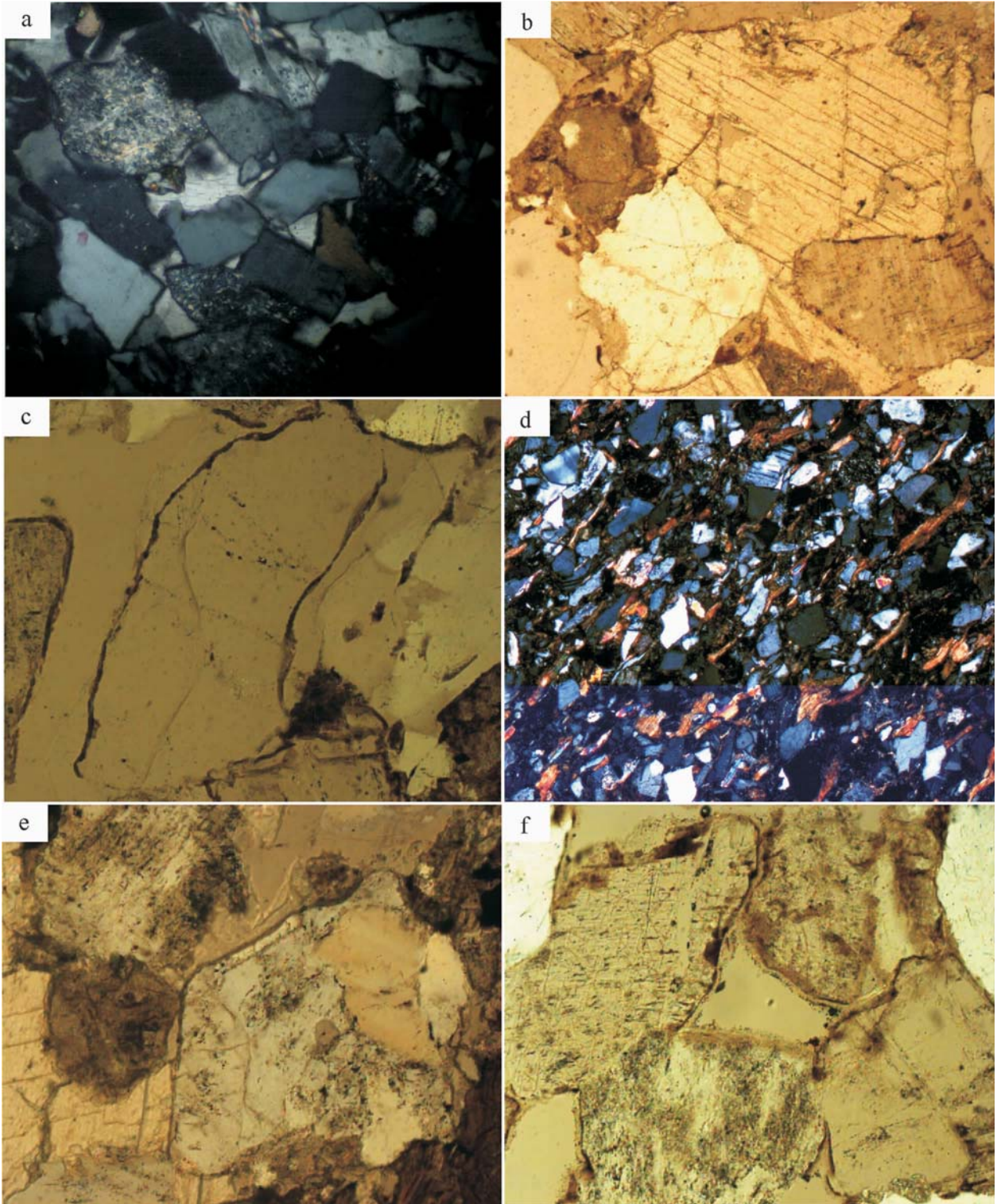


图 3 安塞油田长 10 油层组孔隙度类型特征
Fig. 3 Porosity type characteristics of Chang 10 reservoir in the Ansai oilfield

图版 I Plate I



a.高 32 井浊沸石胶结 正交 10×; b.高 34 井方解石胶结物 单偏 10×; c.高 50 井石英加大 单偏 20×; d.高 50 井云母定向排列 正交 10×; e.高 32 井绿泥石膜 单偏 10×; f.王 519 井伊利石胶结 单偏 20×

渗透率储层的主要原因。中成岩期地层中形成的有机酸性水变少,溶蚀作用渐弱,原生孔隙中充填了大量浊沸石、方解石、硅质等胶结物,使得储层物性变差。因此,中成岩期的胶结作用是低孔隙度、低渗透率储层物性变差的又一原因(图 4)。

安塞油田长 10 储层主要发育三角洲沉积体系^[9-10]。三角洲平原分流河道砂体为骨架砂体,原生粒间孔隙在早成岩阶段被浊沸石、方解石和硅质等胶结物充填,使得压实作用变弱。在中成岩早期,湖相泥岩中生成的酸性水在异常压力作用下从烃源岩向砂岩的运移,浊沸石、方解石、硅质等胶结物及长石和岩屑颗粒容易发生溶蚀,形成次生溶蚀孔隙^[12-13],而次生孔隙发育带是优质储层的发育带。

2.2 孔隙演化对优质储层的影响

进入成岩期后,沉积物受各种成岩作用的影响,反过来沉积物的内在结构特征也制约着成岩作用的进展,从而影响孔隙的演化进程^[14]。通过对安塞油田延长组长 10 油层组大量铸体薄片及扫描电镜的观察统计,可定量分析孔隙演化规律及特征。

安塞油田延长组长 10 油层组三角洲平原分流河道储层孔隙中被浊沸石、硅质、方解石、绿泥石、水云母等胶结物充填,使分流河道砂岩中原生孔隙受到破坏,储层物性条件变差。在中成岩的早期,烃源岩中形成的有机酸性水在异常压力作用下进入到砂岩储层中,溶蚀浊沸石、绿泥石、方解石等胶结物及长石、岩屑等颗粒成分,形成的次生溶蚀孔隙为安塞油田延长组长 10 油藏低孔低渗储层的“甜点”^[15-17]。

安塞油田延长组长 10 期有机酸性水主要溶蚀其中的长石和岩屑颗粒,火山岩屑较变质岩屑和沉积岩屑更容易被溶蚀,在中成岩早期水动力较强的三角洲平原分流河道沉积微相相带中,长石和岩屑颗粒最容易被烃源岩中形成的有机酸性水溶蚀,溶蚀作用形成的粒间溶蚀孔、长石粒内溶孔及长石、岩屑铸模孔等有助于低孔低渗储层中的优质储层发育^[18]。

3 优质储层分布规律

3.1 纵向分布规律

烃源岩进入成熟期产生有机酸,

在异常压力的作用下从烃源岩向上或向下运移至储层,有机酸性水在浮力作用下总是沿着不整合面或层序界面从下向上纵向运移。从而使得不整合面和层序界面附近的储层砂体溶蚀作用强,容易发育次生孔隙,远离不整合面或层序界面的储层溶蚀作用逐渐变弱。

安塞油田延长组长 10 油层组优质储层在纵向与层序发育特征具有较好的一致性。长 10₁ 油层段发育 3 个短期旋回,下面 2 个短期旋回长 10₁² 和长 10₁³ 主要由三角洲平原分流河道砂体组成,其中长 10₁²⁻²、长 10₁³⁻¹ 这 2 个超短期旋回中下部单层砂体厚度较大,反映了较强的水动力沉积环境,储层孔渗物性相对好,为优质储层,而长 10₁²⁻³ 超短期旋回和长 10₁¹ 短期旋回由于三角洲平原分流河道水动力条件逐渐变弱,砂岩不发育,粒度明显变细,储层物性变差(图 5)。因此,层序界面对优质储层在纵向上的分布具有一定的制约作用。每一个短期基准面旋回的中下部由于处在层序发育的初期,水动力条件较强,沉积物颗粒粒度较粗,分选磨圆度好,原生孔隙得以保留,有机酸性水可以更多地进入短期基准面旋回中下部,原生孔隙发育,是优质储层发育的主要部位。

3.2 平面分布规律

优质储层在平面上的分布主要受沉积相带在平面上分布规律的控制^[19-20]。三角洲平原分流河道砂体,特别是在多期高能分流河道叠置的砂体,溶蚀作

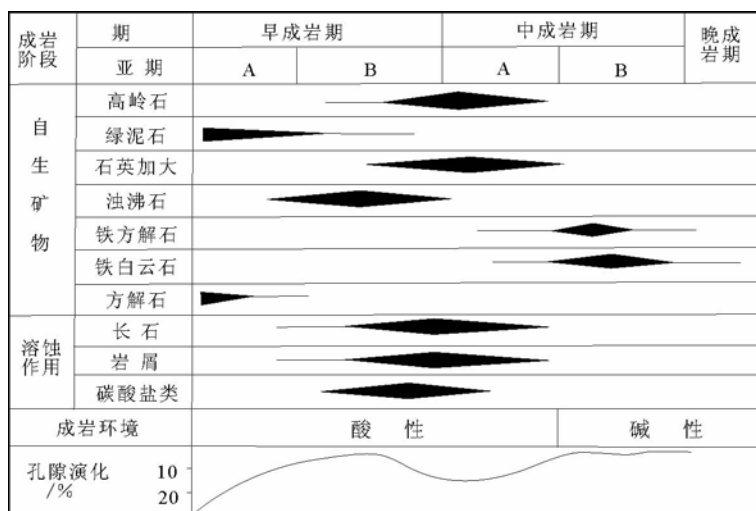


图 4 安塞油田延长组长 10 优质储层成岩演化模式

Fig. 4 Diagenetic evolution of Chang 10 reservoir in the Ansai oilfield

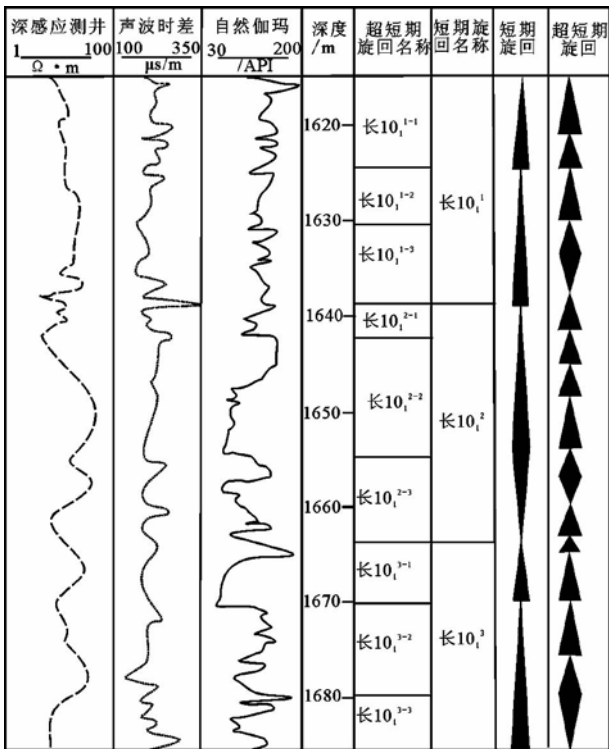


图 5 安塞油田长 10 油层沉积层序发育特征
Fig. 5 Characteristics of sequence boundary of Chang 10 reservoir in the Ansai oilfield

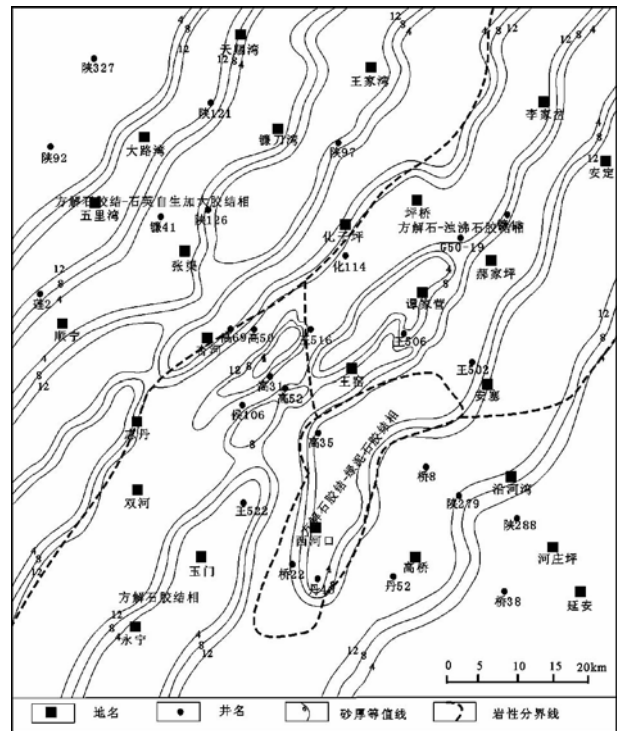


图 6 安塞油田延长组长 10₁¹ 油层组沉积-成岩相分布
Fig. 6 Distribution of sedimentary - diagenetic facies of Chang 10₁¹ Formation in the Ansai oilfield

用较发育, 往往是优质储层比较发育的有利相带。在早成岩晚期, 浊沸石、方解石等胶结物和一些可溶性较强的岩屑充填在叠置的三角洲平原分流河道砂体粒间孔隙中, 中成岩早期烃源岩达到生油门限后生成的酸性地层水进入储层后沿着叠置分流河道砂体从生烃中心向湖盆边缘运移, 易溶性的胶结物及岩屑被溶蚀形成次生孔隙, 逐渐发育为孔渗物性较好的优质储层。由此可见, 靠近湖盆中心部位的储层较远离湖盆中心的储层溶蚀作用强烈, 更容易发育成优质储层。鄂尔多斯盆地安塞油田长 10 油层组的优质储层主要分布在三角洲平原分流有利沉积微相带, 溶蚀作用形成的次生溶蚀孔隙为优质储层的形成提供了较好的地质条件^[21-22]。

3.2.1 长 10₁¹ 优质储层分布特征

安塞油田长 10₁¹ 期发育三角洲平原沉积, 三角洲平原分流河道厚层砂带呈条带状分布, 根据薄片鉴定和扫描电镜分析, 研究区张渠—顺宁—天赐湾—镰刀湾—王家湾一带为方解石—石英自生加大胶结相; 李家岔—郝家坪—坪桥—谭家营—安塞—

安定一带为方解石—浊沸石胶结相; 西河口—高 35—桥 22—丹 46 一带为方解石—绿泥石胶结相; 研究区西南部双河—玉门—永宁—高 52 井一带东南部高桥—沿河湾—河庄坪—延安一带为方解石胶结相。研究区安塞油田长 10₁¹ 成岩相分布区与现今的安塞油田长 10₁¹ 钻井资料的显示结果基本一致, 为研究区的主要盖层(图 6)。

3.2.2 长 10₁² 优质储层分布特征

安塞油田长 10₁² 期发育三角洲平原沉积, 三角洲平原分流河道厚层砂带呈条带状分布, 研究区王窑—杏河—高 52 井—侯 106 井—王 516 井区块为长石溶蚀相, 是研究区长 10 油层的主力含油区; 志丹西部至顺宁以南地区为浊沸石溶蚀相; 双河—王 522 井—高 35 井区块为方解石—浊沸石溶蚀相; 永宁—玉门—西河口和张渠—化子坪—镰刀湾—王家湾为绿泥石胶结相; 李家岔—郝家坪—坪桥—谭家营为方解石—浊沸石胶结相; 安塞—高桥—沿河湾—河庄坪为方解石胶结相; 天赐湾—大路湾—五里湾为绿泥石—浊沸石胶结相。其中, 长石溶蚀相、

浊沸石溶蚀相和方解石—浊沸石溶蚀相的溶蚀次生孔隙分布区与现今的安塞油田长 10₁² 油藏分布区基本一致,为研究区的优质储层(图 7)。

3.2.3 长 10₁³ 优质储层分布特征

安塞油田长 10₁³ 期三角洲平原条带状分流河道砂体较为发育,在王窑—志丹—杏河—高 52 井—侯 10₆ 井区为长石溶蚀相;李家岔—郝家坪—坪桥—谭家营和顺宁—莲 2 井区为方解石胶结相;天赐湾—大路湾—五里湾—镰刀湾—王家湾为绿泥石—浊沸石胶结相;安塞—高桥—沿河湾—河庄坪为浊沸石—方解石胶结相;玉门—永宁—双河为绿泥石胶结相。其中长石溶蚀相的溶蚀次生孔隙分布区与现今的安塞油田长 10₁³ 油藏分布区基本一致,为研究区的优质储层(图 8)。

安塞油田延长组长 10 三角洲平原分流河道储层中,由于浊沸石、方解石、绿泥石等粘土矿物的胶结作用,使原生孔隙发育的河道砂岩变为低孔低渗储层。中成岩早期烃源岩中生成大量有机酸,进入分流河道砂岩储层中并溶蚀其中的长石、浊沸石、方解石等胶结物,形成的大量次生溶孔为安塞油田

延长组长 10 油层组的优质储层提供了大量的储集空间。

4 结 论

鄂尔多斯盆地安塞油田长 10 储层主要为中、细粒长石砂岩,填隙物成分有浊沸石、石英加大等硅质胶结物、水云母、绿泥石及少量铁方解石,粒间孔为主,沸石溶孔和长石溶孔次之;早成岩早期的压实作用和成岩期的胶结作用是形成低孔隙度、低渗透率储层的主要原因;在中成岩早期沉积时水动力较强的有利沉积相带中,长石颗粒及浊沸石、方解石等胶结物被有机酸性水溶蚀,形成大量粒间溶蚀孔、长石粒内孔等,形成了低孔低渗系统中的优质储层;优质储层在纵向上明显受层序界面的控制,安塞油田长 10 油层 10₂²⁻²、长 10₁³⁻¹ 超短期旋回中单层砂体厚度大,孔渗物性相对较好,是优质储层相对发育的层段。在平面上,长 10 三角洲平原分流河道砂岩储层中,广泛发育长石溶蚀相、浊沸石溶蚀相、方解石—浊沸石溶蚀相、浊沸石胶结相、绿泥石—浊沸石胶结相、方解石胶结相和绿泥石胶结相等成岩相,其中次

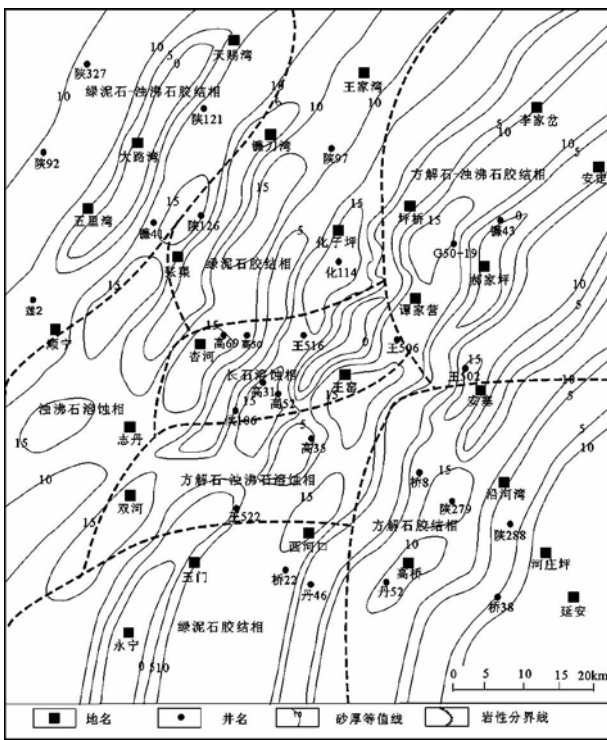


图 7 安塞油田延长组长 10₁² 油层组沉积-成岩相分布图
Fig.7 Distribution of sedimentary-diagenetic facies of Chang 10₁² Formation in Ansai oilfield

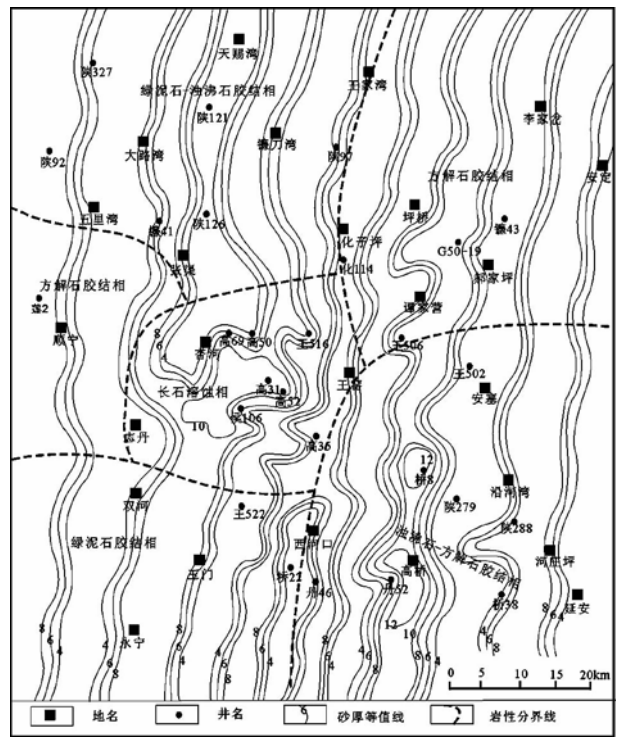


图 8 安塞油田延长组长 10₁³ 油层组沉积-成岩相分布图
Fig. 8 Distribution of sedimentary-diagenetic facies of Chang 10₁³ Formation in the Ansai oilfield

生孔隙发育的长石溶蚀相、浊沸石溶蚀相、方解石—浊沸石溶蚀相为优质储层发育的有利相带。

参考文献

- [1] 杨晓萍, 裴怿楠. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组浊沸石的形成机理、分布规律与油气关系[J]. 沉积学报, 2002, 20(4): 628-632.
- [2] 杨晓萍, 赵文智, 邹才能, 等. 低渗透储层成因机理及优质储层形成与分布[J]. 石油学报, 2007, 28(4): 57-61.
- [3] 郭艳琴, 李文厚, 陈全红, 等. 安塞油田上三叠统延长组长6油藏储集因素[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2006, 36(4): 639-642.
- [4] 罗忠, 罗平, 张兴阳, 等. 层序界面对砂岩成岩作用及储层质量的影响——以鄂尔多斯盆地延河露头上三叠统延长组为例[J]. 沉积学报, 2007, 25(6): 903-914.
- [5] 杨华, 刘显阳, 张才利. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组低渗透岩性油藏主控因素及其分布规律[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(3): 1-6.
- [6] 高建, 侯加根, 林承焰, 等. 特低渗透砂岩油藏剩余油分布的主控因素及有利区块评价[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2007, 31(1): 13-18.
- [7] 柳益群, 李文厚. 陕甘宁盆地东部上三叠统含油长石砂岩的成岩特点及孔隙演化[J]. 沉积学报, 1996, (14)3: 88-96.
- [8] 黄思静, 杨俊杰, 张文正, 等. 不同温度条件下乙酸对长石溶蚀过程的实验研究[J]. 沉积学报, 1995, 13(1): 7-17.
- [9] 武富礼, 李文厚, 李玉宏, 等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组三角洲沉积及演化[J]. 古地理学报, 2004, 6(3): 307-315.
- [10] 刘化清, 袁剑英, 李相博, 等. 鄂尔多斯盆地延长期湖盆演化及其成因分析[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(1): 52-56.
- [11] 罗静兰, Moard S, 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[J]. 中国科学(D辑), 2001, 31(12): 1006-1016.
- [12] 蒋凌志, 顾家裕, 郭斌程. 中国含油气盆地碎屑岩低渗透储层的特征及形成机理[J]. 沉积学报, 2004, 22(1): 13-18.
- [13] 李会军, 吴泰然, 吴波, 等. 中国优质碎屑岩深层储层控制因素综述[J]. 地质科技情报, 2004, 23(4): 76-82.
- [14] Ehrenberg S N, Nadeau P H. Sandstone vs. carbonate petroleum reservoirs: A global perspective on porosity-depth and porosity-permeability relationships[J]. AAPG Bulletin, 2005, 89(4): 435-445.
- [15] 王峰, 田景春, 张锦泉, 等. 鄂尔多斯盆地姬源—胡尖山地区长6油层组的物源和优质储层分布[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(6): 783-788.
- [16] 王琪, 糕喜准, 陈国俊, 等. 鄂尔多斯盆地盐池—姬源地区三叠系长4+5砂岩成岩演化特征与优质储层分布[J]. 沉积学报, 2005, 23(3): 397-405.
- [17] 糕喜准, 王琪, 史基安. 鄂尔多斯盆地盐池—姬源地区三叠系长2砂岩成岩演化特征与优质储层分布[J]. 矿物岩石, 2005, 25(4): 98-106.
- [18] 杨晓萍, 赵文智, 邹才能, 等. 川中气田与苏里格气田“甜点”储层对比研究[J]. 天然气工业, 2007, 27(1): 4-7.
- [19] 王多云, 郑希民, 李风杰, 等. 低孔渗油气富集区优质储层形成条件及相关问题[J]. 天然气地球科学, 2003, 14(2): 87-91.
- [20] 付金华, 郭正权, 邓秀芹. 鄂尔多斯盆地西南地区上三叠统延长组沉积相及石油地质意义[J]. 古地理学报, 2005, 7(1): 34-43.
- [21] 陈全红, 李文厚, 高永祥, 等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组深湖沉积与油气聚集意义[J]. 中国科学(D辑), 2007, 37: 39-48.
- [22] 赵文智, 邹才能, 汪泽成, 等. 富油气凹陷“满凹含油”论——内涵与意义[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(2): 5-13.