

# 安塞油田延长组储集层特征 及物性影响因素分析

赵虹<sup>1</sup>, 党 翀<sup>1</sup>, 党永潮<sup>2</sup>, 姚韦萍<sup>3</sup>

(1. 长安大学 地球科学与国土资源学院, 西安 710054; 2. 长庆油田分公司 第一采油厂, 陕西 延安 716000; 3. 中国石油集团测井有限公司 长庆事业部, 西安 710201)

[摘要] 通过研究区内大量岩心铸体薄片及物性等资料分析, 对安塞油田延长组主要产油层组长2和长6储集层的岩石学特征、孔渗特征及孔隙类型等进行了深入研究, 分析了影响储层储集性能的主要因素。结果表明: 三角洲平原亚相沉积的长2储层和三角洲前缘亚相沉积的长6储层均具矿物成熟度低而结构成熟度高的岩石学特点, 但长2成分成熟度稍优于长6。长2孔隙类型为碳酸盐溶孔-长石溶孔-原生粒间孔组合, 物性表现为中孔、低渗型; 而长6孔隙类型为长石溶孔-原生粒间孔-浊沸石溶孔组合, 物性特点为中孔、特低渗型。沉积环境、岩石成分及粒径、填隙物成分及含量、成岩作用等是影响物性的主要因素。

[关键词] 岩石学特征; 物性特征; 成岩作用; 延长组; 安塞油田; 鄂尔多斯盆地

[中图分类号] 618.130.2; TE122.2 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2005)04-0045-04

[作者简介] 赵虹(1967-), 女, 陕西户县人, 副教授, 博士, 从事沉积学与石油地质学教学与研究。

## 0 引言

安塞油田位于鄂尔多斯盆地中东部偏南处, 主要勘探开发目的层系为上三叠统延长组长6油层组和长2油层组。长2油层组埋深为600~700 m, 属于三角洲平原亚相沉积, 分流河道及河道间构成其主要微相。长6油层组埋深为1 000~1 300 m, 为三角洲前缘亚相沉积, 水下分流河道、水下分流间湾及席状砂构成其主要微相。区内长6与长2分流河道砂体和水下分流河道砂体均十分发育, 构成安塞油田延长组的主要储集层。

延长组储集层为一套低渗-特低渗储集层, 油田开发动态资料表明, 由于储集条件不同, 油田开发方案和开发效果存在明显差异<sup>[1-4]</sup>。因此开展延长组储层特征的研究, 对于正确制定油田开发方案和改善油田开发效果都具有重要意义。

笔者利用丰富的岩心铸体薄片资料、物性资料及压汞资料等, 探讨了研究区储集层的岩石学特

征、孔渗特征、孔隙类型和孔隙结构特征, 并分析了影响储集性能的主要因素。

## 1 储层岩石学特征

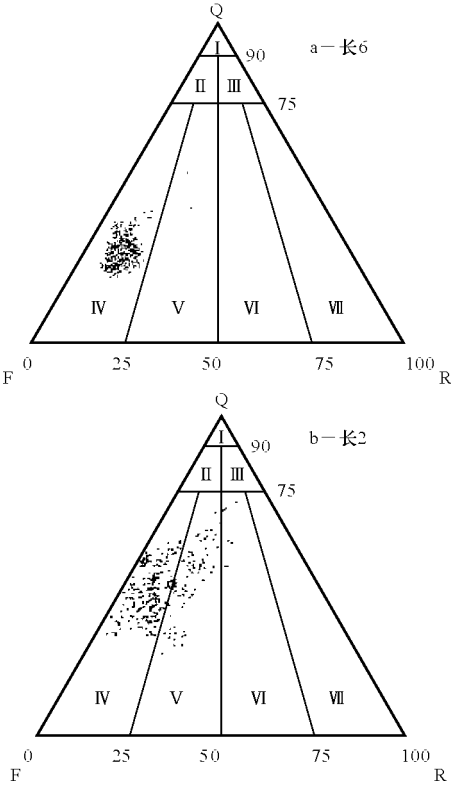
### 1.1 成分特征

根据大量岩心铸体薄片资料分析, 长6油层组储层岩性主要表现为细粒长石砂岩、少量岩屑长石砂岩(图1a)。其矿物体积分数分别为: 长石45%~55.5%, 平均50.5%; 石英16.4%~32.7%, 平均20.4%; 岩屑6.3%~13.8%, 平均8.6%; 云母碎屑2.8%~10.6%, 平均6.5%, 以黑云母为主, 白云母零星分布。胶结物11%~14%, 主要为绿泥石, 其次为浊沸石和方解石。

长2油层组储层岩性主要表现为中-细粒长石砂岩、岩屑长石砂岩(图1b)。其矿物体积分数分别为: 长石40%~56%, 平均48.5%; 石英23%~31%, 平均28.6%; 岩屑8%~15.5%, 平均11.1%; 云母碎屑1.0%~8.0%, 平均3.3%, 以黑云母为主。胶结物6.8%~18.6%, 以绿泥石为主, 其次为方解石和白云石。

[收稿日期] 2004 11 11

[基金项目] 国家973项目(2003CB214601)



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

图 1 安塞油田长 6 和长 2 储集层砂岩类型

Fig. 1 Types of the Petrology in the Reservoirs of Chang 6 and Chang 2 in Ansai Oilfield

1.2 结构特征

长 2 储层砂岩为颗粒支撑, 杂基体积分数小于 1.5%。薄膜式胶结, 局部可见孔隙-薄膜式胶结。颗粒多为次圆-次棱角状, 线-点状接触关系。粒度以细砂和中细砂为主, 粒径 0.1~0.45 mm, 平均 0.182 mm, 分选中等-较好, 分选系数平均为 0.43。

长 6 储层砂岩亦为颗粒支撑, 杂基体积分数小于 2%。薄膜式胶结。颗粒多为次圆-次棱角状, 以点-线状接触为主, 呈半定向-定向排列。粒度较细, 以细砂为主, 粒径 0.06~0.26 mm, 平均 0.168 mm, 分选中等-好, 分选系数平均 0.56。

上述分析表明, 研究区长 2 和长 6 储层总体具有成分成熟度低、结构成熟度高的岩石学特点。但相比而言, 长 2 成分成熟度略高于长 6。

2 储层物性特征

2.1 孔渗特征

根据大量岩心物性分析资料, 长 6 砂岩孔隙度

为 7.34%~16.1%, 平均 12.2%, 孔隙度主要集中在 8%~16%(图 2a)。渗透率为  $(0.1 \sim 16.67) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 普遍小于  $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  (图 3a), 平均  $1.9 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 属于中孔、特低渗型储集层。

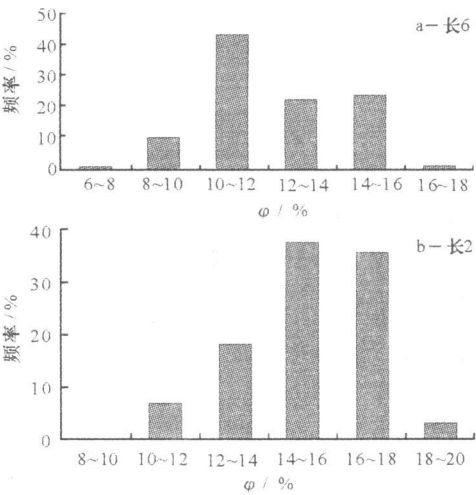


图 2 安塞油田长 6 和长 2 孔隙度频率分布直方图

Fig. 2 Porosity Distribution of Chang 2 and Chang 6 Oil Bearing Bed in Ansai Oilfield

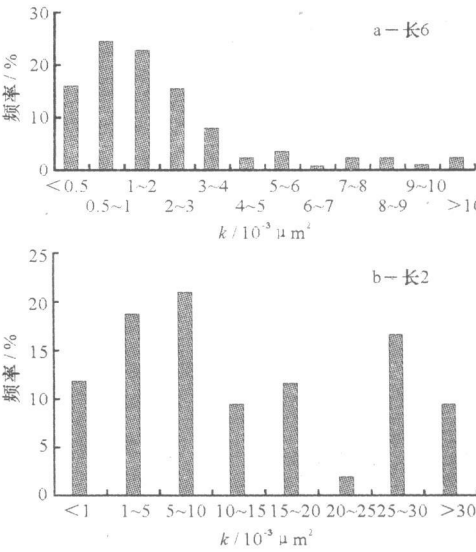


图 3 安塞油田长 6 和长 2 渗透率频率分布直方图

Fig. 3 Permeability Distribution of Chang 2 and Chang 6 Oil Bearing Bed in Ansai Oilfield

长 2 砂岩孔隙度为 10.6%~20.1%, 平均 15.3%。孔隙度主要集中在 12%~18%(图 2b)。渗透率在  $(0.06 \sim 62.83) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 普遍大于  $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  (图 3b), 平均  $16.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 属于中孔、低渗型储集层。

2.2 孔隙类型

根据铸体薄片观察统计分析, 安塞油田长 6 油层组主要由填隙物微孔和浊沸石溶孔组成, 次为原

生粒间孔和长石溶孔, 少量碳酸盐溶孔。粒间孔占总面孔率的 12.5%, 长石溶孔占 8.4%, 浊沸石溶孔占 22%, 碳酸盐溶孔占 1.3%, 填隙物微孔占 55.3%(图 4)。

长 2 油层组主要以原生粒间孔和填隙物微孔为主, 次为长石溶孔和碳酸盐溶孔, 其他孔隙很少。粒间孔占总面孔率的 40.6%, 长石溶孔占 12.3%, 碳酸盐溶孔占 11.3%, 微孔占 34%, 其他孔约占 1.9%(图 4)。

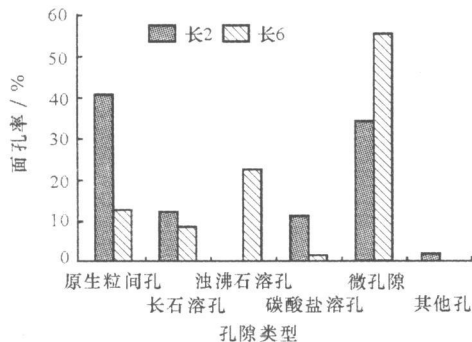


图 4 安塞油田长 2 和长 6 孔隙类型及占面孔率

Fig.4 Porosity Types and Amount of Chang 2 and Chang 6 Oil Bearing Bed in Ansai Oilfield

从图 4 中可以看出, 填隙物微孔在长 2 和长 6 储层中均较发育, 尤其在长 6 储层中最为发育, 成为主要孔隙类型, 但由于其孔隙微小, 渗透性差, 对储层贡献不大。因此长 2 储层孔隙为长石溶蚀孔-碳酸盐溶孔-原生粒间孔组合, 而长 6 储层则为长石溶孔-原生粒间孔-浊沸石溶孔组合。

### 3 储层物性影响因素分析

研究区储层物性主要受沉积背景、岩石成分和结构特征及成岩作用等因素的影响。

#### 3.1 沉积背景

不同沉积背景控制不同的储层特征, 其储集性能亦有相应的变化。研究区延长组是潮湿环境下的一个完整的湖进-湖退序列, 主要勘探开发目的层系为长 2 油层组和长 6 油层组, 其分属三角洲平原亚相沉积和三角洲前缘亚相沉积, 分流河道砂体和水下分流河道砂体分别为其骨架砂体, 构成区内良好的储集层。但通过上述分析可知, 长 2 分流河道砂体为中孔、低渗型储层, 而长 6 水下分流河道砂体则为中孔、特低渗型储层。

#### 3.2 岩石成分及粒径

砂岩矿物成分中石英、长石、岩屑含量的差异

使其砂岩承受地层压力的能力不尽相同, 从而导致砂岩孔隙破坏程度的差异, 影响储层的储集性能。研究区长 2 储层砂岩石英含量较长 6 储层高, 抗压能力强, 粒间孔较长 6 储层发育, 是导致长 2 储层较长 6 储层好的主要因素之一。另外, 砂岩粒径的大小也影响着储层的孔渗值。在其他条件相同时, 砂岩的粒径越大, 砂岩的物性就越好。长 6 储层多为细砂岩-粉砂岩, 而长 2 储层多为中-细砂岩, 粒径明显大于长 6, 故长 2 的物性比长 6 的物性好。

#### 3.3 填隙物成分及其含量

填隙物成分及其含量对储层储集性能的影响也很明显。研究区胶结物成分有绿泥石、浊沸石、方解石、白云石、水云母、硅质等多种, 其含量在不同地区、不同层位均不等。由此决定了次生孔隙发育的差异性, 如长 6 储层浊沸石溶孔发育, 而长 2 储层碳酸盐溶孔发育, 均不同程度的改善了储层的孔渗条件。由于填隙物成分及其含量的不同, 研究区砂岩孔隙类型多样, 储集性能差别很大。

#### 3.4 成岩作用

成岩作用对砂岩的孔隙性和渗透性有很大的影响<sup>[5-9]</sup>, 其直接影响着砂岩储层孔隙结构的特征, 主要有机械压实作用、压溶作用和胶结作用、溶解作用等。

##### 3.4.1 机械压实、压溶作用

强烈的机械压实、压溶作用是孔隙结构变差的主要因素之一。沉积物被埋藏后随着压实、压溶作用的增强, 颗粒间由点接触变成点-线接触和线接触, 大大降低了孔隙度。

##### 3.4.2 胶结作用

胶结作用是物性变差的又一主要因素。碳酸盐岩胶结是使储层物性变差、非均质性增强的主要原因, 对渗透率的控制尤其显著。

研究区砂岩中的碳酸盐矿物是仅次于浊沸石的主要胶结物, 其主要对研究区储层物性起破坏作用。这一点明显表现在岩石的渗透率方面, 渗透率略高的样品, 碳酸盐含量均较低。另外砂岩中含油层段几乎均是浊沸石和长石溶蚀孔发育段, 而紧邻的不含油段则往往是方解石、铁方解石胶结段, 或是绿泥石和碎屑云母发育段。薄膜状绿泥石及高岭石、伊/蒙混层等粘土矿物堵塞粒间孔隙, 导致大量微孔隙的形成, 进一步降低了砂岩的储集性能。

##### 3.4.3 溶解作用

溶解作用是改善砂岩孔隙的重要因素。安塞

地区溶解作用对储层的改善具有重要意义。浊沸石的存在对改善储层的储集性能具有重要意义。安塞油田长 6 油层组砂岩中浊沸石分布普遍,其体积分数为 5%~10%,少部分可达 10%~25%<sup>[9]</sup>。浊沸石在成岩早期的析出使砂岩中原生孔隙大部分被充填,使原生粒间孔降低。但是,在成岩晚期(成熟期),由于溶解作用产生的浊沸石溶孔为油气的运移和聚集提供了空间<sup>[8]</sup>。另外,由于浊沸石的{110}解理发育,酸性水容易沿节理缝溶蚀,从而在研究区长 6 储层中形成可观的次生孔隙<sup>[9]</sup>,浊沸石溶孔为 0.1%~6.5%,占孔隙体积的 10%~30%,个别可达 50%,成为有效孔隙中的主要类型,但浊沸石的溶蚀强度不均一,导致储层层内非均质性增强。碳酸盐溶孔和长石溶孔对于改善长 2 油层组的物性也起了一定的作用。

## 4 结论

(1)安塞油田延长组主要储集层系长 2 油层组和长 6 油层组,分属三角洲平原亚相沉积和三角洲前缘亚相沉积,分流河道砂体和水下分流河道砂体为其骨架砂体,是延长组的主要储集层。

(2)长 2 油层组和长 6 油层组砂岩储层均表现为成分成熟度低、结构成熟度高的特点,而长 2 油层组成分成熟度略高于长 6 油层组。

(3)长 2 油层组物性特点为中孔低渗型,孔隙类型为碳酸盐溶孔-长石溶孔-原生粒间孔组合。长 6 油层组物性特点为中孔、特低渗型,孔隙类型为长石溶孔-原生粒间孔-浊沸石溶孔组合。

(4)沉积环境、岩石成分及粒径、填隙物成分及含量、成岩作用等是影响储层物性的主要因素。

## [ 参 考 文 献 ]

- [1] 李恕军,柳良仁,熊维亮.安塞油田特低渗透油藏有效驱替压力系统研究及注水开发调整技术[J].石油勘探与开发,2002,29(5):62-65.
- [2] 高旺来.安塞油田低渗透储层岩石物性特征实验研究[J].特种油气藏,1998,5(4):51-55.
- [3] 谭成仟,马娜蕊,苏超.储层油气产能的预测模型和方法[J].地球科学与环境学报,2004,26(2):42-46.
- [4] 王洪宝,宋绍旺,魏进峰.砾岩油藏开发方式与效果分析[J].长安大学学报:地球科学版,2003,25(4):13-16.
- [5] 朱国华.陕甘宁盆地西南部上三叠系延长统低渗透砂体和次生孔隙砂体的形成[J].沉积学报,1985,3(2):1-17.
- [6] 朱国华.陕北浊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.
- [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):87-96.
- [8] 李文厚,柳益群,冯乔.川口油田长 6 段油层组储集层特征与油气富集规律[J].岩石学报,1998,14(1):117-127.
- [9] 杨晓萍,裴亦楠.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.

# Characteristics of Yanchang Formation Reservoirs and Its Influence Factors in Ansai Oilfield

ZHAO Hong<sup>1</sup>, DANG Ben<sup>1</sup>, DANG Yong chao<sup>2</sup>, YAO Wei ping<sup>3</sup>

(1. School of Earth Sciences and Resources Management, Chang'an University, Xi'an 710054, China;

2. No. 1 Oil Producing Plant, Changqing Oilfield Branch Company, Yan'an 716000, Shaanxi, China;

3. Changqing Division, China Petroleum Logging, Xi'an 710201, China)

**Abstract:** By analyzing the data of drilling cores, costing thin sections as well as physical property, the petrology characteristics characteristics of pore and permeability and the porosity types are studied and the influences factors are also analyzed about Chang 2 and Chang 6 oil bearing beds in the Ansai Oilfield. The result indicates that they both have the characteristics of petrology of lower mineral maturity and high stuctrue maturity, but Chang 2 is better than Chang 6 in mineral maturity. The former has the porosity types of carbonate dissolution porosity feldspar dissolution porosity primal grain porosity while the later has the porosity types of feldspar dissolution porosity primal grain porosity laumontite dissolution porosity. The physical property represent that Chang 2 is middle pore and low permeability, Chang 6 is middle pore and very low permeability. Sedimentry environment, petrology composition and radius composition and amount, and the diagenesis are all the factors that influence the reservoirs.

**Key words:** petrology characteristics; physical property; diagenesis; Yanchang Formation; Ansai Oilfield; Ordos Basin

[ 英文审定:周军]