

# 鄂尔多斯盆地新安边地区长7致密油特征及控制因素<sup>①</sup>

姚宜同<sup>1</sup> 李士祥<sup>2</sup> 赵彦德<sup>2</sup> 陈世加<sup>1</sup> 路俊刚<sup>1</sup>

(1.西南石油大学地球科学与技术学院 成都 610500;2.中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院 西安 710018)

**摘要** 鄂尔多斯盆地在新安边地区首次探明了致密油储量超亿吨级的新安边大油田。为了弄清致密油富集规律,在前人对沉积相、烃源岩、储层特征及致密化原因研究的基础上,利用铸体薄片、高压压汞、扫描电镜、岩芯物性、微米CT等分析手段,通过对烃源岩特征、储集砂体规模及其连通性、储层物性和源储接触关系等因素的研究,明确了新安边地区致密油的主要特征以及大面积展布的主要控制因素。延长组长7<sub>2</sub>储集砂体发育,储层渗透率差,储集空间以微米级孔隙为主,微米孔隙及纳米喉道构成了由多个独立连通孔喉体构成的复杂孔喉网络,相对较好的孔喉连通性为石油在微观储集空间内流动提供了保障。原油性质好,具有低密度、低黏度、低凝固点、不含硫、可流动性强的特点。致密储层紧邻优质烃源岩,厚层烃源岩与较厚砂层共生形成了近源聚集的有利配置关系,生烃增压为石油运聚提供了充足动力,连片叠置发育的砂体和裂缝是油气运移的主要通道,原油充注程度高,多因素叠合形成了大面积展布的致密油区。

**关键词** 控制因素 致密油 长7油层组 新安边地区 鄂尔多斯盆地

**第一作者简介** 姚宜同 男 1990年出生 硕士 油气成藏及沉积储层 E-mail: xian\_yyt90@126.com

**中图分类号** TE122.2\*3 **文献标识码** A

近年来,随着美国致密油勘探开发取得巨大的经济效益,对非常规能源致密油的勘探与开发已经成为了全球热点,非常规油气资源已在全球能源结构中占据重要地位<sup>[1-4]</sup>。中国的致密油资源丰富,主要分布于鄂尔多斯、准噶尔、松辽、四川等多个盆地<sup>[1-5]</sup>,但其勘探开发目前仍处在起步和探索阶段。鄂尔多斯盆地为南北向近于矩形的大型内陆拗陷型沉积盆地,油气资源丰富<sup>[6]</sup>,延长组长7油层组是鄂尔多斯盆地致密油勘探的重点目标层位,盆地致密油具有分布范围广,烃源岩条件优越,砂岩储层致密,孔喉结构复杂,物性差,含油饱和度高,原油性质好,油藏压力系数低的特点<sup>[7]</sup>。对于整个盆地长7油层组的沉积相、烃源岩、储层特征及致密化原因等方面前人进行了较多的研究<sup>[8-14]</sup>,认为长7油层组主要为三角洲—湖泊相沉积<sup>[10]</sup>,广泛发育的黑色页岩为一套优质的烃源岩,具备大量生排烃的能力<sup>[8-9]</sup>,三角洲前缘水下分支河道砂体和浊流砂体是主要的储集体<sup>[10-12,14]</sup>,压实作用和胶结作用是储层致密化的主要原因<sup>[12-14]</sup>。2014年长庆油田分公司在新安边地区探明了致密油储量超亿吨级的新安边大油田,展示出了巨大的勘探潜力,但对于新安边地区致密储层的详细特征以及致密油藏

大面积形成的控制因素需进一步开展研究,本文旨在通过对新安边地区长7致密油特征的总结,分析致密油在该区大面积成藏的主要控制因素,以期对致密油的勘探开发有一定的指导意义。

## 1 地质概况

晚三叠世延长组沉积时,鄂尔多斯盆地为大型内陆湖泊,发育一套由湖进至湖退的沉积层系,自下而上可划分为长10~长1共十个油层组,长10至长7为湖盆扩张期,长7沉积期湖盆进入发育的鼎盛期,水体深度和范围均达到最大。以岩性与沉积旋回为依据,长7油层组从下至上进一步划分为长7<sub>3</sub>、长7<sub>2</sub>和长7<sub>1</sub>三段,其中长7<sub>3</sub>沉积期水体最深,主要发育一套半深湖—深湖相沉积,沉积了延长组最主要的一套优质烃源岩。长7<sub>2</sub>沉积期至长7<sub>1</sub>沉积期,主要以半深湖—深湖相沉积为主,向物源方向发育三角洲沉积,主要以泥质沉积为主,砂质沉积也开始发育。

新安边地区位于鄂尔多斯盆地中西部,行政区隶属于陕西省定边县、吴起县,研究区面积约5 000 km<sup>2</sup>,区域构造位于伊陕斜坡构造单元西部(图1)。研究区长7沉积期由早期的半深湖—深湖沉积逐渐

<sup>①</sup>国家重点基础研究发展计划(973)项目“中国陆相致密油(页岩油)形成机理与富集规律基础研究”(编号:2014CB239005)资助  
收稿日期:2015-01-28;收修改稿日期:2015-03-18

演变为中晚期的以三角洲前缘亚相沉积为主<sup>[12]</sup>,长7<sub>3</sub>沉积期该区主要为半深湖—深湖沉积,沉积了一套富含有机质的优质烃源岩,长7<sub>3</sub>沉积后水体开始变浅,主要发育三角洲前缘沉积,水下分支河道砂体发育,沉积了研究区最为主要的一套储集砂体。该套储集砂体位于长7<sub>3</sub>优质烃源岩上部,并由于长7<sub>2</sub>至长7<sub>1</sub>沉积期,水进水退仍有反复,储集砂体与黑色页岩呈间互分布,储层和烃源岩直接接触,但物性差,为典型的致密储层。

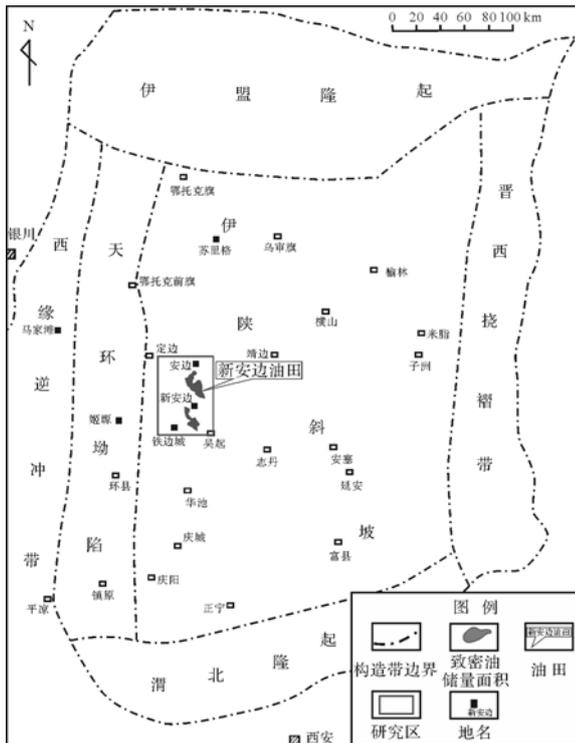


图1 鄂尔多斯盆地构造区划分及研究区位置图

Fig.1 Tectonic maps and location of the study area in Ordos Basin

## 2 致密油储层特征

### 2.1 碎屑组分特征

储层的矿物组成、颗粒的胶结方式和排列方式常常决定储层物性的好坏。根据新安边油田长7<sub>2</sub>段55口井122块样品的薄片资料进行统计,储层岩石类型以细粒岩屑长石砂岩为主,其次为长石砂岩和长石岩屑砂岩(图2)。碎屑成分总体上刚性颗粒含量较高,具有高长石、低石英的东北物源特征,石英平均含量为25.20%,长石为39.44%,岩屑含量较高为19.95%,其中变质岩岩屑含量为7.19%,火成岩岩屑含量为3.35%,沉积岩屑含量极少为0.40%,其他类岩屑含量为9.01%。填隙物含量为15.41%,以绿泥石、铁方解石、高岭石为主,其中绿泥石含量为3.65%,铁方解

石含量为4.55%,高岭石含量为2.78%。

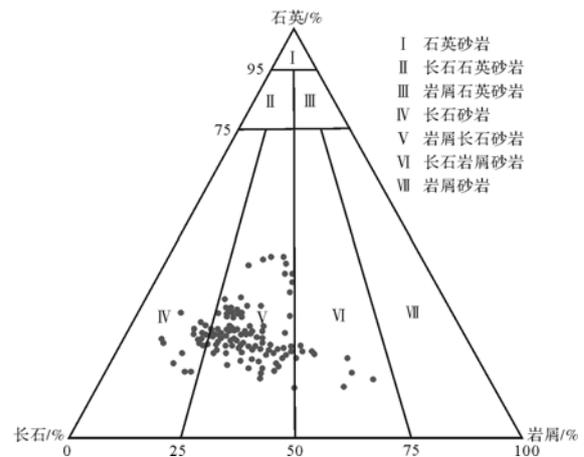


图2 新安边地区长7<sub>2</sub>储层岩石类型三角分类图

Fig.2 Triangle classification map of rock types in sandstones of Chang 7<sub>2</sub> Member, Xin'anbian area, Ordos Basin

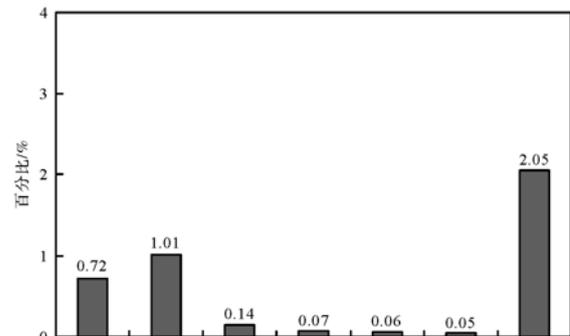


图3 新安边地区长7储层砂岩孔隙类型直方图

Fig.3 Histogram of pores in sandstones of Chang 7 Member, Xin'anbian area, Ordos Basin

### 2.2 储层孔隙结构特征

通过对新安边地区延长组长7砂岩铸体薄片及扫描电镜等资料分析,砂岩储集层的孔隙类型以长石溶孔、粒间孔为主,见少量的岩屑溶孔、微裂隙,总面孔率为2.05%(图3)。其中,粒间孔隙是该区砂岩储集层的主要孔隙形式之一(图4),平均含量为0.72%,此类孔隙广泛分布于长石砂岩中,连通性较好;长石溶孔是长石颗粒内部部分溶蚀形成,为该区次生孔隙中最为主要的一种孔隙类型,平均含量为1.01%,常与粒间溶孔和粒间孔伴生分布(图4)。

利用薄片、扫描电镜、微纳米CT等资料的统计分析,致密油储层主要发育小孔隙、微孔隙和纳米孔隙,孔隙类型主要为残余粒间孔、粒内溶孔、溶蚀微孔隙、微溶孔、晶间孔隙、晶内孔隙等,孔隙半径0.5~10 μm的孔隙数量多,成为有效孔隙体积的主要组成

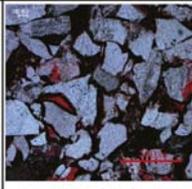
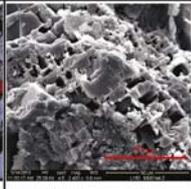
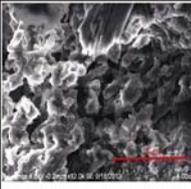
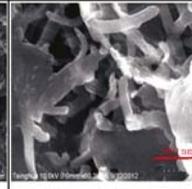
孔隙分类	大孔隙	中孔隙	小孔隙	微孔隙	纳米孔隙
孔隙半径/ $\mu\text{m}$	>20	20~10	10~2	2~0.5	<0.5
孔隙类型	残余粒间孔 铸模孔	残余粒间孔 颗粒溶孔 岩屑溶孔	残余粒间孔 粒内溶孔 杂基溶孔	残余粒间孔 溶蚀微孔隙 晶间孔隙	微溶孔 晶间孔隙 晶内孔隙 晶体缺陷
孔隙数量	少	较少	多	丰富	很丰富
孔隙图像					

图 4 致密油储层孔隙尺度及孔隙类型分布

Fig.4 Pore size and type of tight sandstone of Chang 7 Member, Xin'anbian area, Ordos Basin

部分(图 4),纳米级孔隙数量很丰富,对孔隙体积的组成也有一定的贡献,但孔隙体积所占比例在 25%左右,广泛发育的微米级孔隙构成了致密油有效储集空间。

本次研究中对致密储层微观储集空间表征方法包括二维图像观测法、三维体积重构法和定量体积评价法三类,其中二维图像观测法是利用光学显微镜、场发射扫描电镜分析等,实现对孔隙结构的二维精细表征,三维体积重构法是利用微米 CT、纳米 CT 及聚焦离子束场发射扫描电镜分析等,实现对孔隙结构及连通性的三维刻画与评价,定量体积评价法是利用气体吸附法与高压压汞法,实现对孔隙结构与储集空间的定量评价。利用高压压汞对研究区致密储层样品进行测试,研究区储层属于中—小孔细喉型致密储层,孔喉半径主要分布于 40~400 nm 范围,微米孔隙

及纳米喉道形成了由多个独立连通孔喉体构成的复杂孔喉网络,孔喉连通体积使得石油可在致密储层孔隙内流动。在此基础上,选取部分样品利用微米 CT 扫描重构岩石样品的三维孔隙系统,样品大小为 2 mm,像素点分辨率为 1.03  $\mu\text{m}$ ,因此只对直径大于 1  $\mu\text{m}$  的孔喉系统进行三维表征,从结果看,新安边地区长 7 油层组致密储层孔隙系统较好,孔喉整体发育程度好,连通性达到 69%(图 5)。

### 2.3 储集层物性

在油气来源相同的条件下,砂体的含油饱和度受到储层物性的影响,物性好的层段孔隙喉道较大,毛细管压力小,油更易进入储层聚集成藏<sup>[15]</sup>。根据岩芯分析资料统计,长 7 储层物性较差,孔隙度多分布在 5.0%~11.0%之间,平均 7.9%;渗透率多分布在  $0.04 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 0.18 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  之间,平均  $0.12 \times$

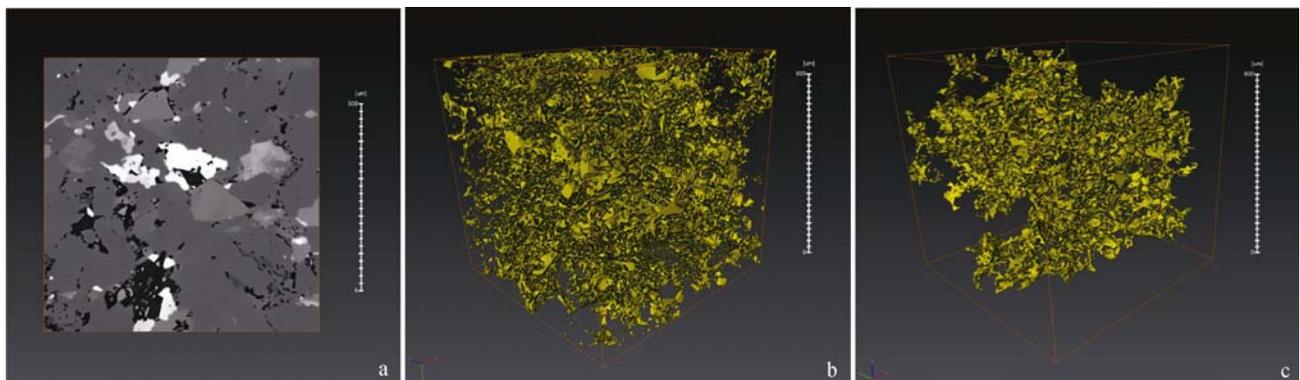
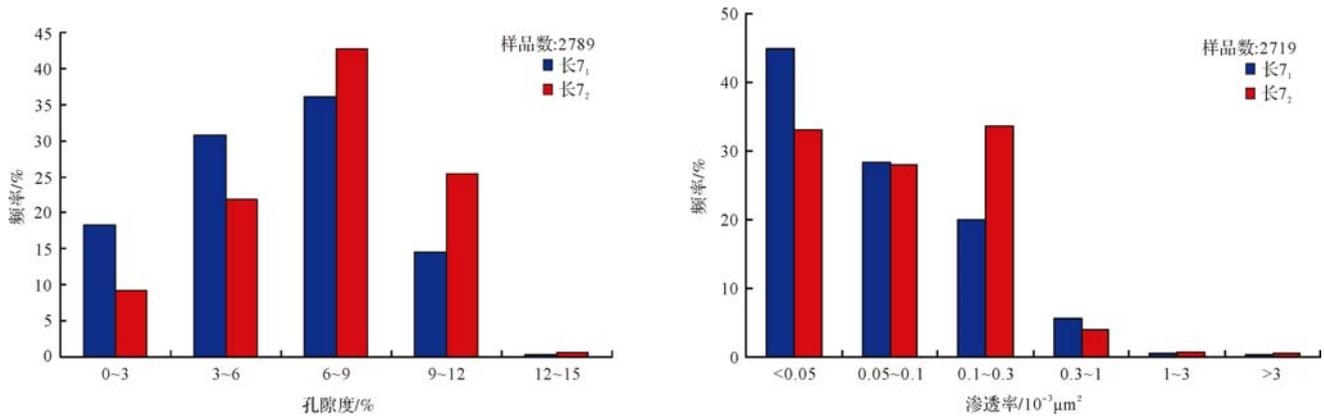


图 5 致密油储层微米 CT 扫描三维孔喉系统

a.原始二维切片; b.三维孔隙系统; c.连通孔隙系统

Fig.5 Micro-CT indicates 3D pore-throat system in Chang 7 Member, Xin'anbian area



(a)孔隙度分布; (b)渗透率分布

图6 鄂尔多斯盆地新安边地区长 $7_1$ 和长 $7_2$ 物性分布Fig.6 Porosity and permeability distribution of Chang  $7_1$  and Chang  $7_2$ , Xin'anbian area, Ordos Basin

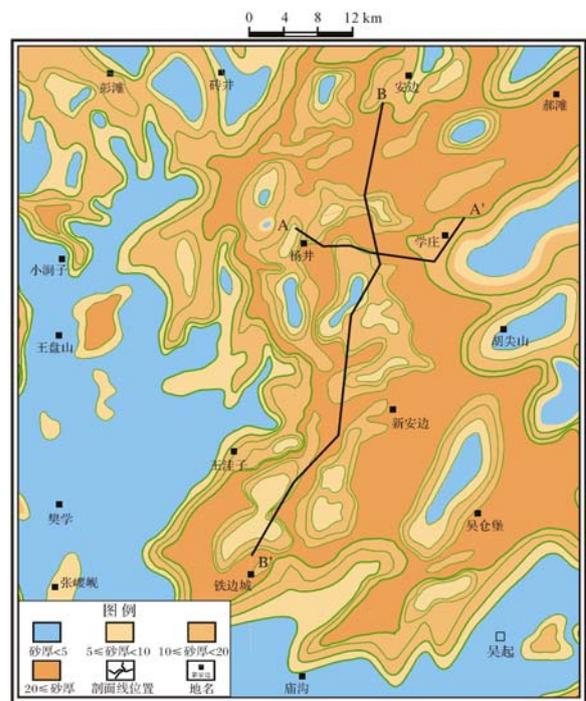
$10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,属致密砂岩储层。从长 $7_1$ 与长 $7_2$ 储层孔隙度和渗透率分布对比(图6)来看,长 $7_1$ 储层孔隙度以3%~9%为主,渗透率主要分布在小于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 范围,而长 $7_2$ 储层孔隙度主要分布在6%~12%,渗透率以 $0.05 \sim 0.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 为主。在长 $7_2$ 储层中,孔隙度高于9%的样品占26.17%,而长 $7_1$ 仅为14.86%;长 $7_2$ 渗透率高于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的样品占38.76%,而长 $7_1$ 仅为26.42%。虽然储层整体物性较差,但长 $7_2$ 储集砂体物性相对要好于长 $7_1$ 。

## 2.4 砂体分布特征

新安边地区长7油层组中砂体分布相对稳定且较为发育的为长 $7_2$ 段,为该区致密油主要的一套储集体,因此以长 $7_2$ 段为例分析该区砂体分布特征。研究区长 $7_2$ 段发育多条北东—南西向展布的砂带,砂体主要为多期三角洲水下分流河道砂体叠加连片,砂体延伸长度40~80 km,砂体宽3~20 km,砂岩厚度较大,单砂体厚度一般3~15 m,累计厚度一般为10~30 m,砂体连续性好(图7)。

## 2.5 流体性质

新安边地区长7储层原油性质较好,具有低密度、低黏度、低凝固点、不含硫、可剪流动性强。地面原油密度为 $0.839 \text{ g/cm}^3$ ,黏度 $6.64 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ (50℃条件下),初馏点 $74.99^\circ\text{C}$ ,凝固点 $23.17^\circ\text{C}$ 。长7储层的高压物性分析结果表明,地层状态下原油性质更好,原油密度 $0.748 \text{ g/cm}^3$ ,原油黏度为 $1.48 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ ,气油比 $68.83 \text{ m}^3/\text{t}$ ,原油体积系数为1.22。新安边油田长7地层水总矿化度平均 $53.31 \text{ g/L}$ ,水型为 $\text{CaCl}_2$ 型,表明油藏封闭性好,油藏保存条件好。

图7 鄂尔多斯盆地新安边地区长 $7_2$ 砂体展布图Fig.7 Sandstone distribution of Chang  $7_2$ , Xin'anbian area, Ordos Basin

## 3 致密油形成控制因素

### 3.1 烃源岩

烃源岩是油气成藏的物质基础,尤其对于致密油来说,优质烃源岩大面积分布是成藏的关键<sup>[16-17]</sup>。长7油层组沉积期湖水分布范围广,沉积了一套分布广泛的富有机质页岩,研究区内主要发育长 $7_3$ 与长 $7_2$ 顶部两套烃源岩。其中,长 $7_3$ 沉积的富有机质

页岩分布面积大且稳定,厚度 10~20 m,烃源岩母质类型以偏腐泥型为主,有机质丰度高,有机碳含量平均为 13.75%,氯仿沥青“A”含量主要分布在 0.3%~1.1%,最高可达到 1.5%以上。烃源岩干酪根镜质体反射率  $R_o$  主要分布在 0.75%~1.11%,是成熟阶段的产物,处于大量生油阶段,生烃规模较大。长  $7_2$  顶部泥岩,厚度 5~12 m,有机碳含量和氯仿沥青“A”均较高,与长  $7_3$  泥岩有机质丰度基本一致,均达到很好的生油岩标准。

研究区发育长 7 底部和顶部两套烃源岩,长  $7_2$  储集砂体位于两套烃源岩之间,底部长  $7_3$  烃源岩所生成的油可垂向运移至长  $7_2$  储集砂体中聚集成藏,顶部长  $7_1$  烃源岩生成的烃类也可向下运移至长  $7_2$  砂体中,优越的烃源岩条件是位于其中的致密砂岩可形成大面积油藏的重要条件。

### 3.2 储集砂体规模及其连通性

在成熟的烃源岩大面积分布的前提条件下,大范围致密储层连续展布,是形成致密油的根本原因<sup>[18]</sup>。长  $7_3$  至长  $7_1$  为水退过程,三角洲向湖盆中心进积,三角洲前缘水下分支河道侧向迁移速度加快,使得河道频繁迁移改道,河道砂体相互叠覆,砂体规模增大,且横向连通性也得到增强,整体构成大范围的储集体展布。研究区三角洲前缘砂体发育,具有砂体厚度大、分布面积广、复合连片等特点。其中,紧邻主力生油层长  $7_3$  底部和长  $7_2$  顶部暗色泥岩的砂体,在横向上大面积复合连片,为油气的侧向运移提供了良好的通道(图 8)。纵向上长  $7_2$  砂体厚度大,分布稳定,规模

及连通性好于长  $7_1$ ,相互叠置的砂体为油气垂向运移提供了通道。这为石油向长  $7_2$  短距离垂向运移以及侧向运移提供了更有利的条件,使得长  $7_2$  含油砂体分布面积更大,因此长  $7_2$  含油面积分布范围相对长  $7_1$  更广。

### 3.3 过剩压力

油气聚集成藏的过程是在驱动力作用下选择最有利地质储集空间的过程,驱动力性质决定着油气运移的方向和强度。对于以微米级孔隙为主的致密储层来说,过剩压力是油气运移和保存的主要控制因素之一。鄂尔多斯盆地延长组长 7 油层组的过剩压力,普遍研究认为盆地大部分地区过剩压力达到 12 MPa 以上,总体的规律是油页岩厚度较大的地方,过剩压力较大<sup>[19-20]</sup>。研究区长 7 过剩压力主要分布在 8~16 MPa<sup>[20]</sup>,纵向上过剩压力高值区主要分布在黑色页岩较厚的部位,长  $7_2$  致密储层位于多套黑色页岩之间,生成的烃类在异常高压的驱动下满足向致密储层运移聚集的动力条件<sup>[19]</sup>,因此在邻近烃源岩分布的储集砂体中形成了大面积分布的油藏。成藏期较高的过剩压力是致密储层中大面积含油和具有较高的含油饱和度的主要控制因素,过剩压力控制了致密油藏的形成和分布。

### 3.4 成藏组合关系

油气聚集成藏是生、储、盖等地质因素在时间与空间上配合的一个动态过程,尤其对于致密储层,油以垂向短距离运移为主,难以进行长距离的运移,因此烃源岩与储集砂体之间的接触关系显得格外重

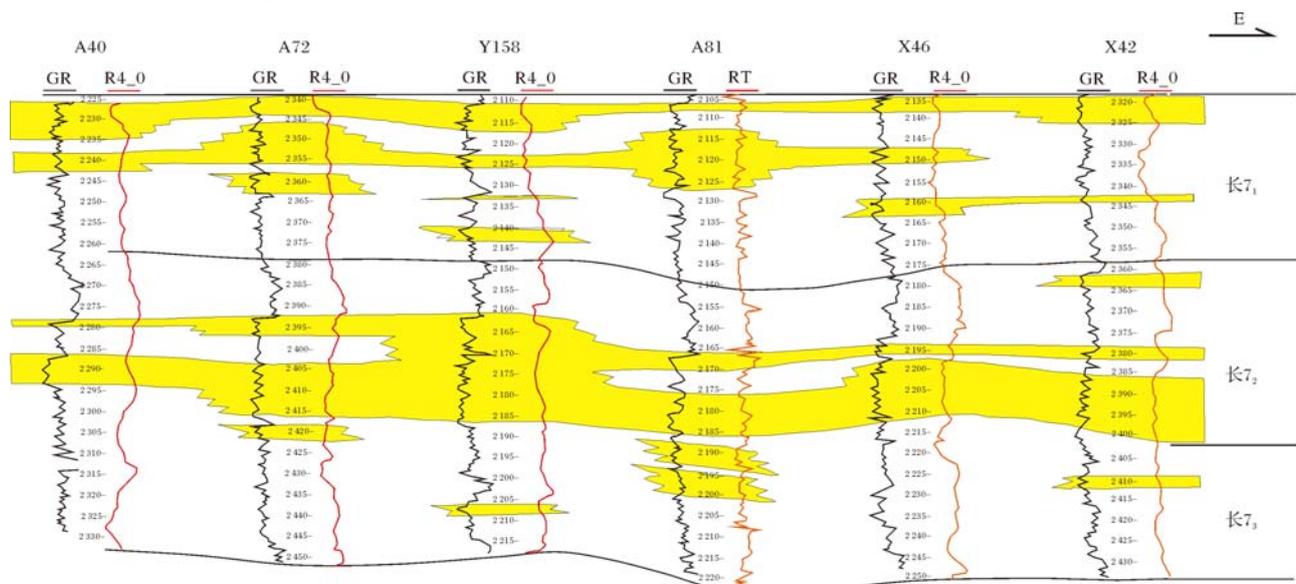


图 8 鄂尔多斯盆地新安边地区长 7 砂体连井剖面(剖面位置见图 7 剖面 AA')

Fig.8 Sandstone profile of Chang 7 Member, Xin'anbian area, Ordos Basin

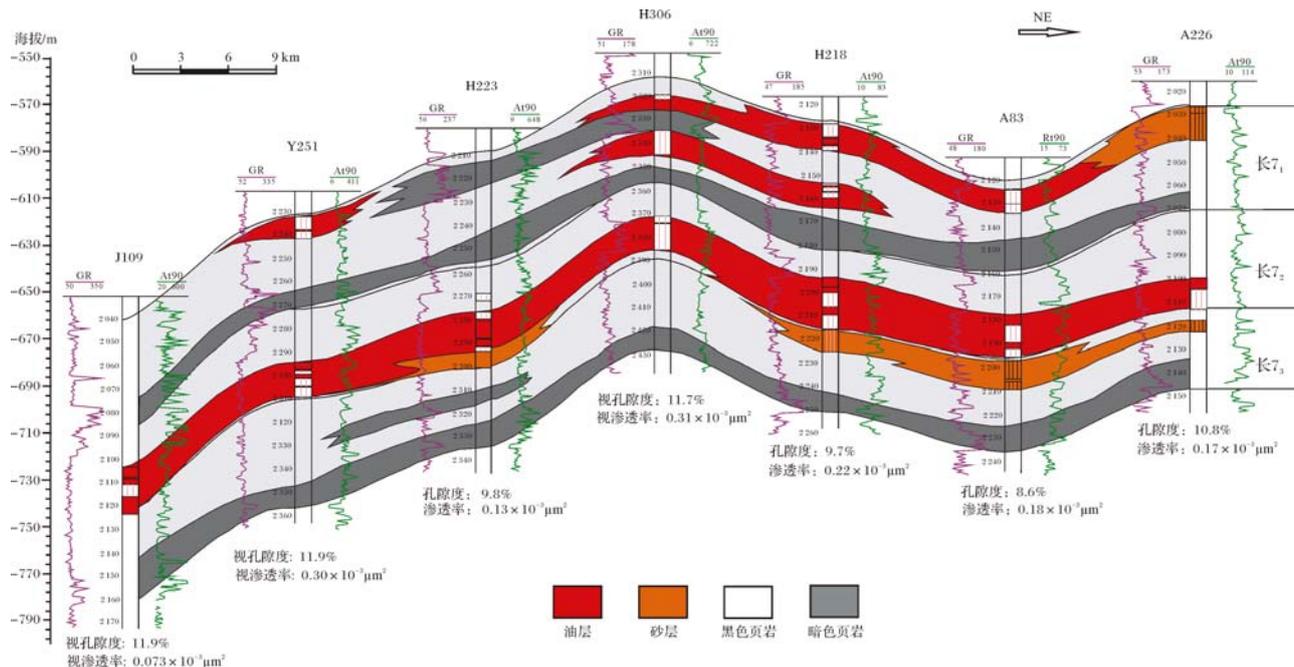


图9 鄂尔多斯盆地新安边地区延长组长7成藏组合图(剖面位置见图7剖面BB')

Fig.9 Source-reservoir configuration of Chang 7 Member, Xin'anbian area, Ordos Basin

要<sup>[21-22]</sup>。湖盆演化决定了沉积相组合及砂体发育特征,鄂尔多斯盆地在延长组长 $7_3$ 沉积时期湖盆面积最大,之后湖盆范围逐渐萎缩,砂体不断向湖盆中心推进。在长7期经历了多次小规模湖盆震荡,湖平面产生周期性湖进、湖退,沉积发育了多套砂—泥岩互层的有利储盖组合,致密砂岩是油气储集的良好场所,而泥岩则是很好的盖层。储集砂体与烃源岩互层共生,具有“近水楼台先得月”的优势,生成的油气经过短距离运移便可聚集(图9),有利储盖组合为形成大面积致密油聚集奠定了基础。

#### 4 结论

(1) 新安边地区延长组致密油储层以长 $7_2$ 为主,砂体发育,储集空间以微米级孔隙为主,微米孔隙及纳米喉道形成了由多个独立连通孔喉体构成的复杂孔喉网络,孔喉连通体积使得石油可在致密储层孔隙内流动。

(2) 新安边地区长7原油性质好,地面原油密度为 $0.839 \text{ g/cm}^3$ , $50^\circ\text{C}$ 时黏度 $6.64 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ,凝固点 $23.17^\circ\text{C}$ ,具有低密度、低黏度、低凝固点、不含硫、可流动性强的特点,原油充注程度高,具备形成致密油大面积分布的优越条件。

(3) 长 $7_2$ 致密储层紧邻优质烃源岩,厚层的烃源岩与较厚的砂层互层共生形成了近源运聚的有利

配置关系,生烃增压力为石油运聚提供了充足动力,连片叠置发育的砂体和裂缝是油气运移的主要通道,良好的成藏配置形成了大面积展布的致密油区。

#### 参考文献 (References)

- 林森虎,邹才能,袁选俊,等. 美国致密油开发现状及启示[J]. 岩性油气藏,2011,23(4):25-30. [Lin Senhu, Zou Caineng, Yuan Xunjun, et al. Status quo of tight oil exploitation in the United States and its implication[J]. Lithologic Reservoirs, 2011, 23(4): 25-30.]
- 窦宏恩,马世英. 巴肯致密油藏开发对我国开发超低渗透油藏的启示[J]. 石油钻采工艺,2012,34(2):120-124. [Dou Hongen, Ma Shiyong. Lessons learned from oil production of tight oil reservoirs in Bakken play[J]. Oil Drilling and Production Technology, 2012, 34(2): 120-124.]
- 贾承造,邹才能,李建忠,等. 中国致密油评价标准、主要类型、基本特征及资源前景[J]. 石油学报,2012,33(3):343-355. [Jia Chengzao, Zou Caineng, Li Jianzhong, et al. Assessment criteria, main types, basic features and resource prospects of the tight oil in China [J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33(3): 343-355.]
- 贾承造,郑民,张永峰. 中国非常规油气资源与勘探开发前景[J]. 石油勘探与开发,2012,39(2):129-136. [Jia Chengzao, Zheng Min, Zhang Yongfeng. Unconventional hydrocarbon resources in China and the prospect of exploration and development [J]. Petroleum Exploration and Development, 2012, 39(2): 129-136.]
- 梁狄刚,冉隆辉,戴弹申,等. 四川盆地中北部侏罗系大面积非常规石油勘探潜力的再认识[J]. 石油学报,2011,33(1):8-17. [Liang Digang, Ran Longhui, Dai Tanshen, et al. A re-recognition of the

- prospecting potential of Jurassic large-area and non-conventional oils in the central northern Sichuan Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2011, 33(1): 8-17.]
- 6 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 of Ordos Basin*[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003.]
  - 7 杨华,李士祥,刘显阳. 鄂尔多斯盆地致密油、页岩油特征及资源潜力[J]. *石油学报*,2013,33(1):1-11.[Yang Hua, Li Shixiang, Liu Xianyang. Characteristics and resource prospects of tight oil and shale oil in Ordos Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2013, 33(1): 1-11.]
  - 8 张文正,杨华,杨奕华,等. 鄂尔多斯盆地长7优质烃源岩的岩石学、元素地球化学特征及发育环境[J]. *地球化学*,2008,37(1):59-64.[Zhang Wenzheng, Yang Hua, Yang Yihua, et al. Petrology and element geochemistry and development environment of Yanchang Formation Chang-7 high quality source rock in Ordos Basin[J]. *Geochimica*, 2008, 37(1):59-64.]
  - 9 张文正,杨华,李剑锋,等. 论鄂尔多斯盆地长7段优质油源岩在低渗透油气成藏富集中的主导作用—强生排烃特征及机理分析[J]. *石油勘探与开发*,2006,33(3):289-293.[Zhang Wenzheng, Yang Hua, Li Jianfeng, et al. Leading effect of high-class source rock of Chang7 in Ordos Basin[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2006, 33(3): 289-293.]
  - 10 杨华,窦伟坦,刘显阳,等. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组长7沉积相分析[J]. *沉积学报*,2010,28(2):254-263.[Yang Hua, Dou Weitan, Liu Xiangyang, et al. Analysis on sedimentary facies of Member 7 in Yanchang Formation of Triassic in Ordos Basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2010, 28(2): 254-263.]
  - 11 庞军刚,李文厚,石硕,等. 鄂尔多斯盆地长7段浊积岩沉积演化模式及石油地质意义[J]. *岩性油气藏*,2009,21(4):73-77.[Pang Jungang, Li Wenhou, Shi Shuo, et al. Sedimentary evolution model and petroleum significance of Chang-7 member turbidite Ordos Basin[J]. *Lithologic Reservoirs*, 2009, 21(4): 73-77.]
  - 12 姚涇利,陈世加,路俊刚,等. 鄂尔多斯盆地胡尖山地区长7储层特征及影响因素[J]. *石油实验地质*,2013,35(2):162-166,173.[Yao Jingli, Chen Shijia, Lu Jungang, et al. Features and influencing factors of Chang7 reservoir of Yanchang Formation in Hujianshan area, Ordos Basin[J]. *Petroleum Geology and Experiment*, 2013, 35(2): 162-166, 173.]
  - 13 郭正权,齐亚林,楚美娟,等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组储层致密史恢复[J]. *石油实验地质*,2012,34(6):594-598,603.[Guo Zhengquan, Qi Yalin, Chu Meijuan, et al. Recovery of compact history of Yanchang reservoir in Upper Triassic, Ordos Basin[J]. *Petroleum Geology and Experiment*, 2012, 34(6): 594-598, 603.]
  - 14 姚涇利,邓秀芹,赵彦德,等. 鄂尔多斯盆地延长组致密油特征[J]. *石油勘探与开发*,2013,40(2):173-187.[Yao Jingli, Deng Xiuqin, Zhao Yande, et al. Characteristics of tight oil in Triassic Yanchang Formation, Ordos Basin[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2013, 40(2): 173-187.]
  - 15 高永进,田美荣,贾光华. 砂体物性对岩性油藏成藏控制作用物理模拟[J]. *地球科学*,2007,32(2):273-278.[Gao Yongjin, Tian Meirong, Jia Guanghua. Physical simulation about sandbody physical property control on forming lithological reservoirs[J]. *Earth Science*, 2007, 32(2): 273-278.]
  - 16 邹才能,朱如凯,吴松涛,等. 常规与非常规油气聚集类型、特征、机理及展望——以中国致密油和致密气为例[J]. *石油学报*,2012,33(2):173-187.[Zou Caineng, Zhu Rukai, Wu Songtao, et al. Types, characteristics, genesis and prospects of conventional and unconventional hydrocarbon accumulations: Taking tight oil and tight gas in China as an example[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2012, 33(2): 173-187.]
  - 17 庞正炼,邹才能,陶士振,等. 中国致密油形成分布与资源潜力评价[J]. *中国工程科学*,2012,14(7):60-67.[Pang Zhenglian, Zou Caineng, Tao Shizhen, et al. Formation, distribution and resource evaluation of tight oil in China[J]. *Engineering Sciences*, 2012, 14(7): 60-67.]
  - 18 邹才能,陶士振,侯连华,等. 非常规油气地质[M]. 北京:地质出版社,2011:50-93.[Zou Caineng, Tao Shizhen, Hou Lianhua, et al. *Unconventional Petroleum Geology*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011: 50-93.]
  - 19 楚美娟,李士祥,刘显阳,等. 鄂尔多斯盆地延长组长8油层组石油成藏机理及成藏模式[J]. *沉积学报*,2013,31(4):683-692.[Chu Meijuan, Li Shixiang, Liu Xianyang, et al. Accumulation mechanisms and modes of Yanchang Formation Chang 8 interval hydrocarbons in Ordos Basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2013, 31(4): 683-692.]
  - 20 刘显阳,惠潇,李士祥. 鄂尔多斯盆地中生界低渗透岩性油藏形成规律综述[J]. *沉积学报*,2012,30(5):964-974.[Liu Xianyang, Hui Xiao, Li Shixiang. Summary of formation rule for low permeability lithologic reservoir of Mesozoic in Ordos Basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2012, 30(5): 964-974.]
  - 21 陈世加,张纪智,姚涇利,等. 鄂尔多斯盆地华庆地区长8油藏局部油水分布复杂成因分析[J]. *石油实验地质*,2012,34(3):281-284.[Chen Shijia, Zhang Jizhi, Yao Jingli, et al. Causes for complex oil and water distribution in parts of Chang 8 reservoir, Huaqing area, Ordos Basin[J]. *Petroleum Geology and Experiment*, 2012, 34(3): 281-284.]
  - 22 Magoon L B, Dow W G. *The Petroleum System—From Source to Trap*[M]. AAPG Memory 60.Tulsa, OK USA: AAPG, 1994: 3-22.

## Characteristics & Controlling Factors of Chang 7 Tight Oil in Xin'anbian Area, Ordos Basin

Yao YiTong<sup>1</sup> Li ShiXiang<sup>2</sup> Zhao YanDe<sup>2</sup> Chen ShiJia<sup>1</sup> Lu JunGang<sup>1</sup>

(1. Geoscience and Technology Department, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500;

2. Exploration and Development Research Institution, Changqing Oil Field Company, CNPC, Xi'an 710018)

**Abstract:** As a first proven big oil field in Xin'anbian area, Ordos Basin, the proved reserves of Xin'anbian oilfield tight oil is over hundred million tons. Based on previous study on sedimentary facies, source rock, reservoir feature and densification mechanism, by using thin sections, MICP, SEM, porosity & permeability, Micro-CT and other analysis methods, and through study on source rock characters, sand distribution, contact between source rock and reservoir, the geological characteristics and controlling factors on large-scale distribution of tight oil in Xin'anbian area were summarized to clarify the mechanism of tight oil accumulation and enrichment. Chang 7<sub>2</sub> tight sandstones are widely distributed and micrometer-scaled pores are the main reservoir space. The complex pore system consists of micrometer scaled pores and nanometer scaled throats, and the better pore-throat connectivity provide guarantee for oil flowing in micro-reservoir space. The oil quality is relatively good with characters of low density, low viscosity, low freezing point, no sulfur-containing and high mobility. Tight sandstones are close to high quality source rocks, which is favorable for near-sourced accumulation. Pressure increase during hydrocarbon generation process can provide sufficient power, and sandstones with high connectivity & fractures are migration pathway for hydrocarbon accumulation, resulting in high hydrocarbon charging percentage and large scaled tight oil play in Xin'anbian area.

**Key words:** controlling factors; tight oil; Chang 7 oil-bearing formation; Xin'anbian area; Ordos Basin