

鄂尔多斯盆地靖边西部油区延安组延9油层组 储层特征分析

苗小龙¹⁾, 张海²⁾, 于波¹⁾, 韩华锋²⁾, 刘成文²⁾, 刘寒梅²⁾, 吴磊磊²⁾, 李向东²⁾, 张小东²⁾

1) 陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院, 西安, 710075;

2) 延长油田股份有限公司靖边采油厂, 陕西榆林, 718500

内容提要: 延9油层组的发现, 极大拓宽了勘探开发面积, 为靖边油田增储上产的主力层系。在勘探开发过程中发现, 应用同样的技改措施(压裂、注水等), 延9油层组在南北地区呈现出不同的储层改造响应。延9油层组以河湖过渡相沉积为主, 受物源、搬运距离与水动力等因素的影响, 在研究区南北区块呈现出不同的岩性特征。研究发现, 北区延9储层以次长石砂岩和长石砂岩为主, 碎屑含量较高(82.0%~89.5%), 以石英、长石为主, 杂基主要由高岭石、云母和粉砂岩组成, 胶结物主要由铁白云石、硅质等组成; 南区以岩屑长石砂岩和长石砂岩为主, 碎屑含量较高(83.0%~91.0%), 以石英为主, 其次为长石、岩屑、云母和少量的重矿物, 杂基主要为高岭石, 胶结物为硅质和碳酸盐岩。整体上, 研究区内延9储层孔渗性较好, 是较好的储层。由于碎屑与胶结物类型及其含量的不同, 在后期开发过程中要区分对待, 避免储层受到污染与损坏。

关键词: 鄂尔多斯盆地; 靖边油区; 延9油层组; 储层特征; 组成成分

近年来, 靖边油田经过加大科技投入与扩边滚动开发, 逐渐发展成年产百万吨级采油厂, 在延长油田勘探开发中占有重要地位。作为主要的勘探开发油层, 延安组延9油层组的发现, 极大拓宽了勘探面积, 为靖边油田的增储上产提供了良好的基础(贾玉琴, 2009; 郑小杰, 2009; 李健和陈万辉, 2011; 王靖茹, 2012)。在对靖边油区延9油层组的勘探开发过程中发现, 同样的技改措施, 如压裂及注水开发等, 在南北地区呈现出不同的响应特征, 尤其体现在对储层孔渗性的影响上, 具有较大的区别。

延9油层组为一套河湖过渡沉积体系(贾玉琴, 2009; 高飞, 2012), 靖边县内主要分布在油田西部地区和东南部地区, 由于沉积环境变化较大, 其在西部油区的南部和北部地区呈现出不同的储层特征, 对于现场的勘探开发具有较大的影响。基于取芯井薄片观察、鉴定与统计及岩芯钻孔试验, 本文就延9油层组自身发育状况, 如岩石类型、填隙物和胶结物及其孔渗特征, 探讨出现南北差异现象的本质原因, 为进一步研究延9油藏以及精细勘探开发提供基础分析资料。

1 区域概况

靖边县位于陕西省北部, 北与内蒙古自治区接壤, 面积约5088 km²。研究区位于靖边县的西部地区(图1), 涉及中条梁镇、东坑、中山涧、席麻湾、镇靖、王渠则、天赐湾、杨米涧、新城、大路沟、五里湾与周河镇12个乡镇。

靖边油区发育于陕北斜坡之上, 为典型的西倾单斜构造(张林森, 2011)。延安组为中侏罗统地层(表1), 发育河流—湖泊—三角洲相沉积(白卫卫, 2007; 赵筱艳, 2009; 明洁, 2010; 师桂霞和刘军锋, 2010; 王东东, 2012; 史德锋, 2012; 孟凡伟, 2012; 尚金泉, 2012; 代金友等, 2013)。结合现场勘探开发经验, 将延安组划分为5个层段、10个亚油层组, 其中延9层段又划分出3个亚层(延9¹, 延9²与延9³)(于峰丹, 2008; 李凤杰等, 2009; 何金先等, 2012)。

延9油层组为河—湖过渡期沉积, 早期发育曲流河沉积体系(张永霖, 1983; 张娜, 2007; 姜大朋等, 2008; 雷迅等, 2013), 地层岩性以灰黑、深灰色泥岩、泥质粉砂岩、灰白色细—中砂岩为主, 局部发育煤

注: 本文为国家科技重大专项(编号2011ZX05008-004-70)和延长石油集团科技攻关项目(编号YCSY2012KY-A-15)的成果。

收稿日期: 2014-07-07; 改回日期: 2015-02-17。责任编辑: 黄敏。Doi: 10.16509/j.georeview.2015.05.014

作者简介: 苗小龙, 男, 1986年生。毕业于中国地质大学(北京), 研究生学历, 助理工程师; 油气田勘探地质专业。Email: ycsymxl@sina.cn。

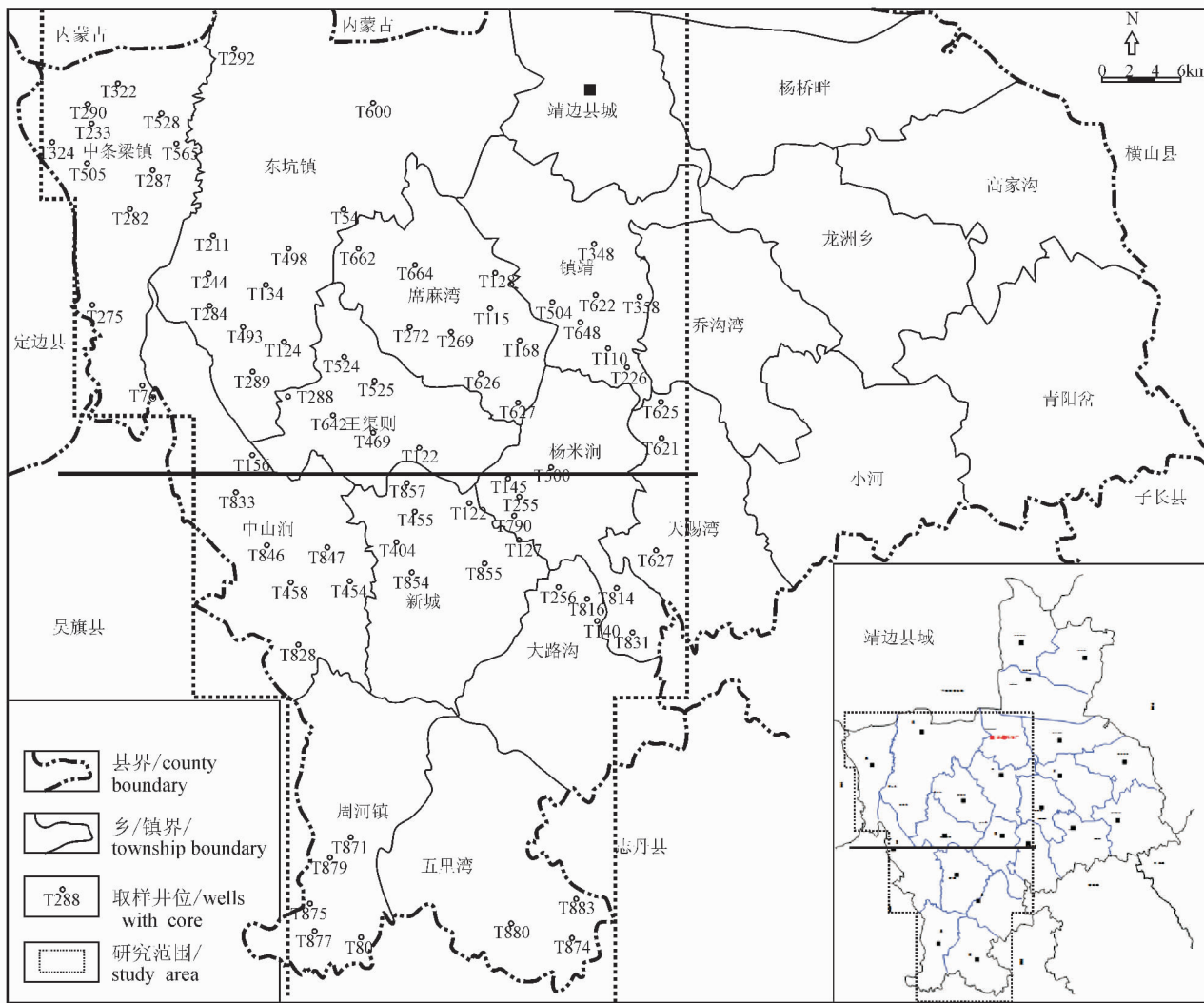


图 1 鄂尔多斯盆地靖边西部油区位置及延 9 油层组取样井位分布图

Fig. 1 Location of the Western Jingbian Oilfield in Ordos Basin and distribution of wells with core of the Yan-9 oil-bearing bed

线,平均厚度约 30 m 左右(张林森,2011)。

2 取芯样品和处理方法

研究区内探井分布广泛,针对延 9 油层组的取芯井也较多。通过岩芯薄片观察和鉴定、岩芯钻孔取样试验,对研究区内 78 口探井岩芯资料(图 1、表

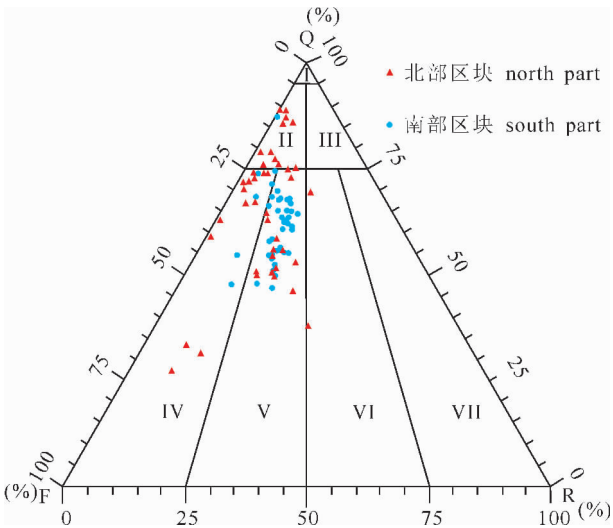


图 2 鄂尔多斯盆地靖边西部油区砂岩分类三角图

Fig. 2 Triangle classification of sandstone in Western Jingbian Oilfield in Ordos Basin

I—石英砂岩; II—次长石砂岩; III—次岩屑砂岩; IV—长石砂岩; V—岩屑长石砂岩; VI—长石岩屑砂岩; VII—岩屑砂岩
I—Quartz sandstone; II—subarkose; III—sublitharenite; IV—feldspar sandstone; V—debris—feldspar; VI—feldspathic litharenite; VII—lithic sandstone

表 1 鄂尔多斯盆地靖边西部油区中侏罗统延安组地层特征
Table 1 Stratigraphic characteristics of the Yan'an Formation, Middle Jurassic,
in western Jingbian oilfield, Ordos Basin

系	统	组	段	油层组	油层亚组	厚度 (m)	岩性岩相简述
侏罗系	中统	延安组	第五段 (J ₂ Y ₄)	延 1		缺失	本地区地层缺失
				延 2			
				延 3		30~40	
			第四段	延 4+5		40~60	灰黑色泥岩与灰白色细砂岩夹煤层, 砂岩多为层块状中-细粒, 产大量植物化石
			第三段	延 6		35~50	
			第二段 (J ₂ Y ₂)	延 7		35~40	
				延 8		30~40	
			第一段 (J ₂ Y ₁)	延 9	延 9 ¹	20~30	地层岩性以灰黑、深灰色泥岩、泥质粉砂岩、灰白色细-中砂岩为主, 局部发育煤线
					延 9 ²	20~35	
					延 9 ³	10~30	
				延 10		0~51	杂色泥岩夹灰白色中粗-含砾粗砂岩
	下统	富县组		J ₁ f			下部为灰黄/紫色厚层块状砂岩或砾岩, 上部为杂色泥岩/砂质泥岩

碎屑 (Q—石英、F—长石、R—岩屑) 成分及含量不同,根据刘宝珺砂岩分类方案 (图 2) 可以看出,延安组延 9 油层组在北部区块主要为次长石砂岩和长石砂岩,砂岩类型相对分散;在南部区块主要为岩屑长石砂岩和长石砂岩,砂岩类型相对集中。

(1) 北部区块: 根据岩石薄片鉴定结果,延安组延 9 砂岩成分中碎屑颗粒约占总量的 82.0% ~ 89.5%, 平均 87.2%, 主要以石英、长石为主, 其中石英含量变化较大 (表 3)。岩屑主要是变质岩岩屑,其次含有少量火成岩岩屑。

2) 进行详细研究,以期获得研究区内延 9 油层组储层特征数据。

3 数据分析结果

数据分析显示,研究区内延 9 油层组储层特征在南北区 (以图 1 中的虚线为界,由于资料所限,目前还不能较为准确地确定南北区的确切界线,此处界线仅为象征意义的分界而已) 呈现出较大的差异性,主要体现在岩石学特征与储层物性特征方面。

3.1 岩石学特征

3.1.1 岩石类型

采用地质、石油系统三角分类图投点定名原则,根据岩石样品的碎屑成分含量统计,按岩石组分中

表 2 鄂尔多斯盆地靖边西部油区取芯岩样井数量分布
Table 2 Distribution of wells with core from Western
Jingbian Oilfield, Ordos Basin

乡镇	取芯井 (口)	乡镇	取芯井 (口)	乡镇	取芯井 (口)
中条梁镇	11	镇靖	7	新城	7
东坑	11	杨米涧	6	大路沟	3
西麻湾	9	天赐湾	3	周河镇	5
王渠则	6	中山涧	7	五里湾	3

(2) 南部区块: 根据岩石薄片资料的观察与分析,延 9 储层碎屑颗粒含量为 83.0% ~ 91.0%, 均值为 87.0%, 以石英为主, 其次为长石、岩屑、云母和少量的重矿物 (表 3、图 3)。石英以单晶石英为主,常见均一消光石英,也见波状消光石英;长石主要为斜长石,其次为钾长石。岩屑主要为岩浆岩岩屑和变质岩岩屑。岩浆岩岩屑主要为喷发岩;变质岩岩屑主要为石英岩和千枚岩,其次为片岩、板岩和变质砂岩。砂岩中云母普

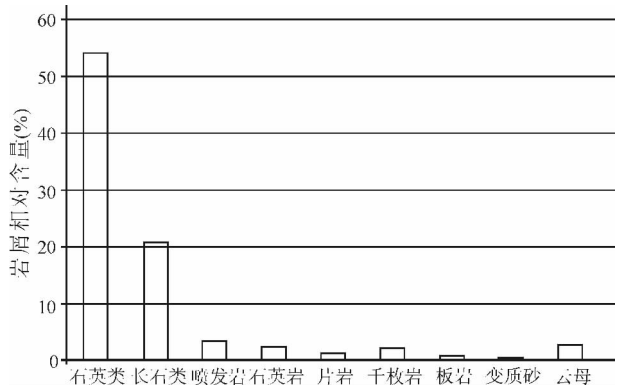


图 3 鄂尔多斯盆地靖边西部油区南部区块岩屑
相对含量柱形图

Fig. 3 Column chart showing relative content of fragment in southern part in Western Jingbian Oilfield in Ordos Basin

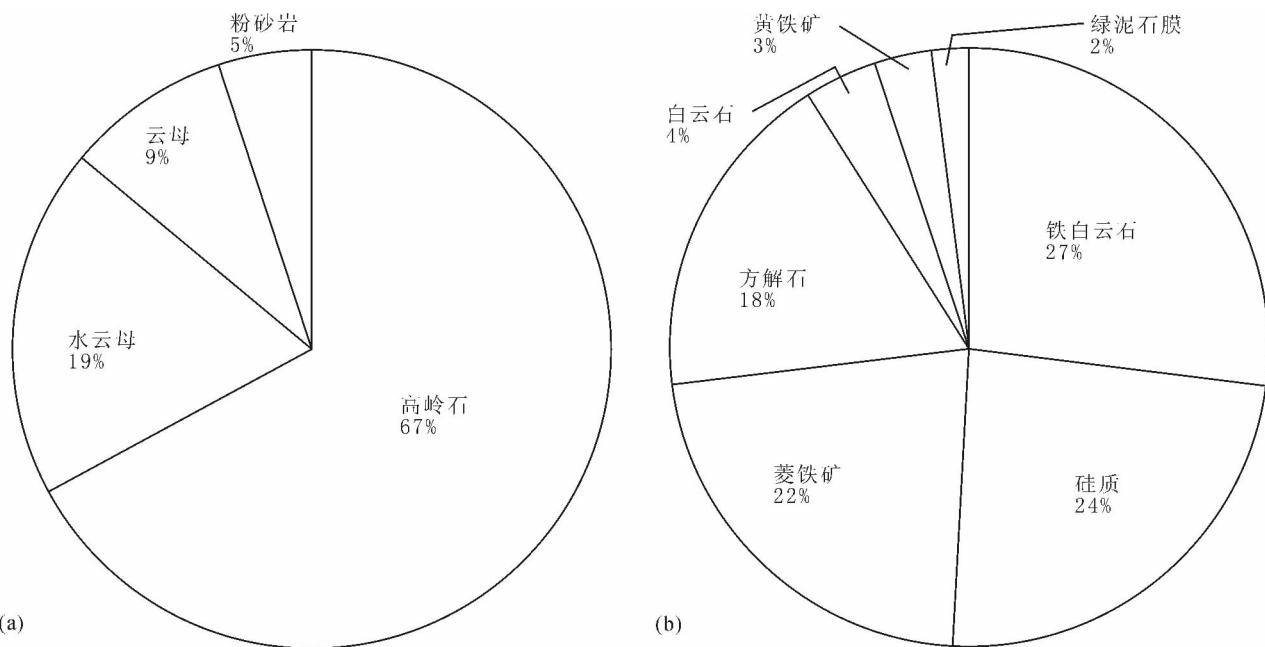


图 4 鄂尔多斯盆地靖边西部油区北部延 9 油层组填隙物组成：(a) 杂基；(b) 胶结物
Fig. 4 Interstitial composition of the Yan-9 formation in northern part of Western Jingbian Oilfield, Ordos Basin: (a) matrix; (b) cement

遍可见,主要为黑云母,少量白云母。

3.1.2 碎屑颗粒填隙物

碎屑岩中,填隙物分为机械成因的杂基和化学成因的胶结物。杂基由充填于碎屑之间的陆源粘土矿物和粒径小于 0.0039mm 的细粉砂组成。胶结物为成岩作用期间由孔隙水在各种物理化学条件下沉

淀出来分布于碎屑粒间的自生矿物。两者在性质、成因以及对岩石所起的作用等方面都有所不同。

(1)北部区块:延安组延 9 碎屑岩填隙物含量为 10.5%~18.0%,平均 12.8%。杂基主要由高岭石、水云母、云母和粉砂岩组成(图 4a);而胶结物类型丰富,主要由铁白云石、硅质、菱铁矿、方解石、白云石、黄铁矿和绿泥石膜等组成(图 4b)。

(2)南部区块:靖边油田南部地区延 9 油层组填隙物组分总体含量较高(图 5),变化较大,最高为 17.0%,最低含量为 9.0%,平均含量 12.7%。陆源泥质杂基含量极低,主要为高岭石。胶结物中硅质胶结物普遍发育,碳酸盐岩胶结物主要为铁白云石、次为铁方解石和方解石。

3.2 储层物性特征

储层的物理性质通常包括其孔隙性、渗透性、孔隙结构以及非均质性等。其中,孔隙性与渗透性是储集层的两大基本特性,也是衡量储集层储集性能好坏的基本参数。

(1)北部区块:根据区内 40 块样

表 3 鄂尔多斯盆地靖边西部油区延 9 砂岩碎屑岩组分特征

Table 3 Characteristic of the Yan-9 formation sandstone—debris in Western Jingbian Oilfield, Ordos Basin

	样品数 (个)	石英 (%)	长石 (%)	岩屑(%)			
				总计	火成岩	变质岩	沉积岩
北部区块	20	$\frac{32 \sim 66}{51.38}$	$\frac{12 \sim 31}{22.75}$	$\frac{7.5 \sim 26.5}{13.05}$	$\frac{2.0 \sim 7.0}{4.63}$	$\frac{4.5 \sim 20.5}{8.43}$	无
南部区块	45	$\frac{40 \sim 65}{54}$	$\frac{15 \sim 32}{21}$	$\frac{8 \sim 12}{9.8}$	$\frac{2.0 \sim 4.0}{3.3}$	$\frac{5.0 \sim 8.0}{6.6}$	无

注: $\frac{\text{最小值} \sim \text{最大值}}{\text{平均值}}$ 。

表 4 鄂尔多斯盆地靖边西部油区延 9 油层组储层物性特征

Table 4 Reservoir characteristic of the Yan-9 formation in Western Jingbian Oilfield, Ordos Basin

	样品数 (个)	孔隙度(%)			渗透率($10^{-3} \mu\text{m}^2$)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
北部区块	38	21.8	10.6	16.5	2957.48	5.24	311.57
南部区块	35	27.6	3.2	13.5	2128.00	0.03	152.48

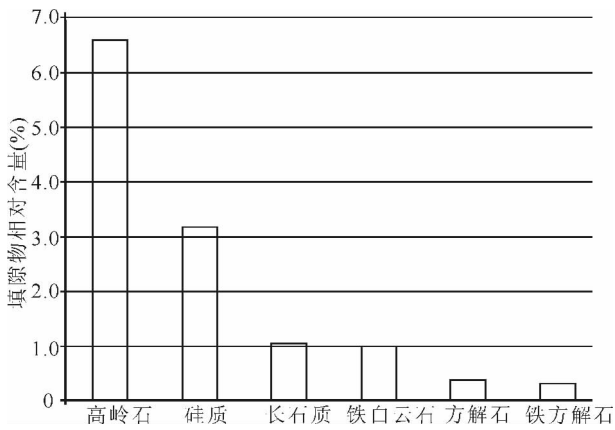


图 5 鄂尔多斯盆地靖边西部油区南部延 9 油层组
填隙物相对含量柱形图

Fig. 5 Chart column showing relative content for interstitial
in the Yan-9 formation in southern part in Western Jingbian
Oilfield, Ordos Basin

品资料统计结果(表 4),延 9 储层孔隙度较为集中,平均为 16.5%,主体分布在 16.0% ~ 19.0% 之间,占样品总数近 60.0% (图 6a);渗透率值的变化比较大,平均 $311.57 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,主体分布在 $(100 \sim 1000) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,占全部样品约 50.0%。(图

6b)。
(2) 南部地区: 储层孔隙度变化较大,平均 13.5%,主要孔隙度分布范围在 14% ~ 20% 之间(图 7a);渗透率主要分布在 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,平均 $152.48 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,中值为 $53.45 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (图 7b)。

4 讨论

延安组延 9 油层组为河湖过渡期沉积,受物源、搬运距离及水动力条件的共同作用,使其岩性特征在南北区呈现出较大的差异性,进而影响其孔渗特征的发育。

(1) 北部区块以次长石砂岩和长石砂岩为主,砂岩类型相对分散;碎屑颗粒含量较高,以石英、长石为主;杂基主要由高岭石、云母和粉砂岩组成;胶结物类型丰富,主要由铁白云石、硅质、菱铁矿、方解石、白云石、黄铁矿等组成;孔渗性较好,是较好的储层。

(2) 南部区块以岩屑长石砂岩和长石砂岩为主,砂岩类型相对集中,碎屑颗粒含量较低,以石英为主,其次为长石、岩屑、云母和少量的重矿物;杂基主要为高岭石,胶结物主要为硅质和碳酸盐岩;孔渗

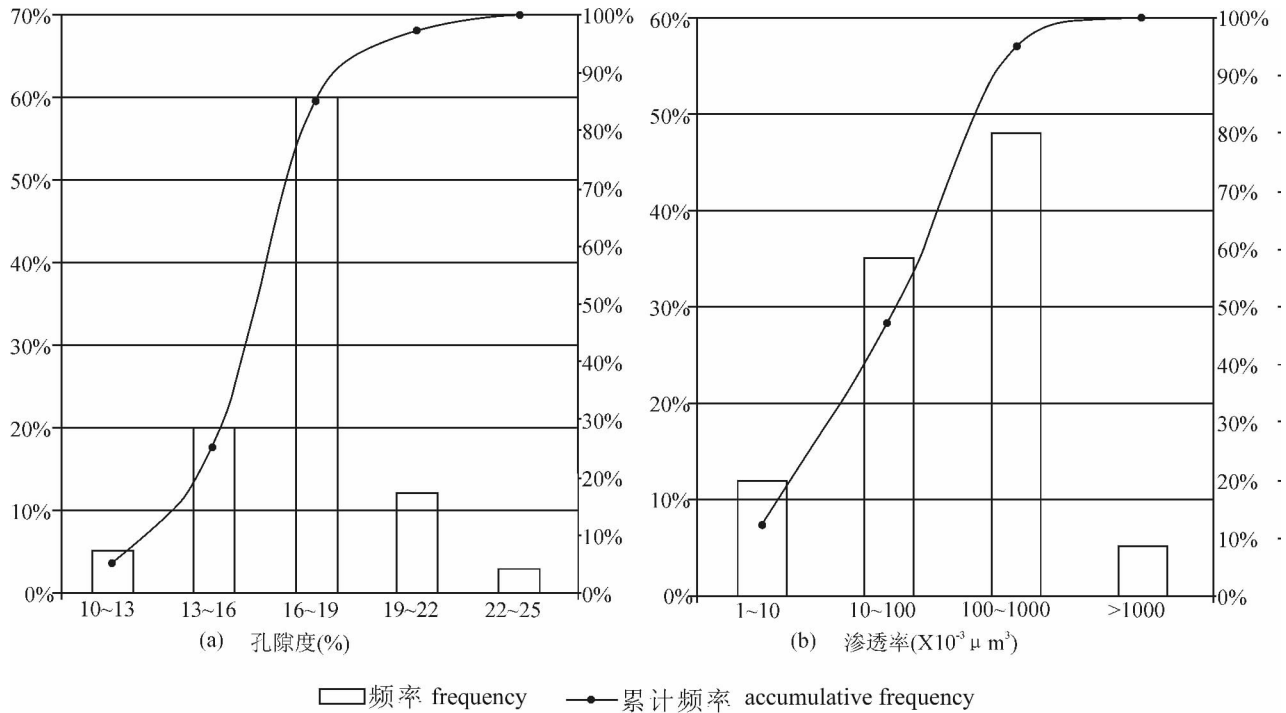


图 6 鄂尔多斯盆地靖边西部油区北部延 9 层段孔隙度和渗透率特征
Fig. 6 Characteristic for porosity—permeability of the Yan-9 formation in northern part
of Western Jingbian Oilfield, Ordos Basin

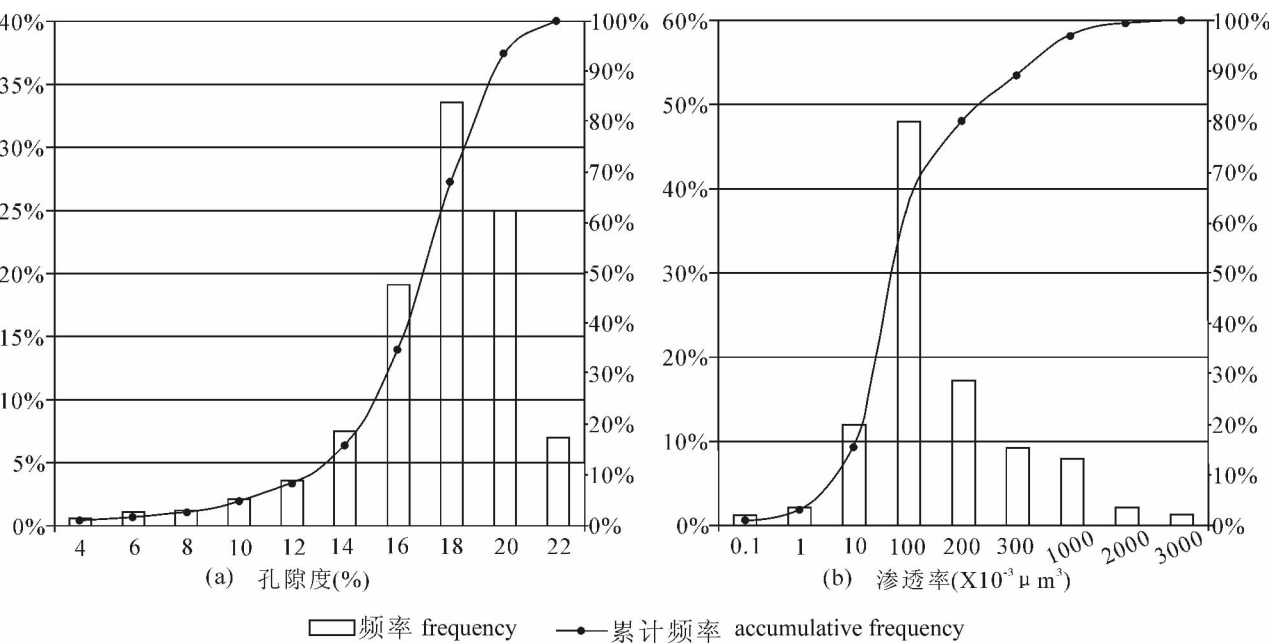


图 7 鄂尔多斯盆地靖边西部油区南部延 9 层段孔隙度和渗透率特征

Fig. 7 Porosity—permeability characteristic of the Yan-9 formation in southern part of Western Jingbian Oilfield, Ordos Basin

性较好,是较好的储层。

由砂岩类型的分散程度及碎屑的相对含量,可以粗略的推测出研究区北部区块靠近物源区,经过风化剥蚀的碎屑物未经过长距离搬运、长时间分选而堆积下来,呈现出岩石类型分散、颗粒成分复杂、杂基含量高等特征;而南部区块距离物源区相对较远,由于经过了相对较长距离搬运、较长时间分选堆积下来,呈现出岩石类型相对集中、颗粒成分相对简单、杂基含量低等特征。可见,造成研究区储层差异的本质原因在于碎屑物经过的搬运距离与分选时间的长短区别上。

由于碎屑与胶结物类型及其含量的不同,在勘探开发时,应注意区分对待,特别是在技改措施施工中。要针对不同地区的储层岩性特征设计相应的压裂和注水方案,尤其是对于注入储层中液体的配方要特别注意区分。避免在技改措施中,由于注入物质与地层矿物或流体发生反应而污染与损害储层。

5 结论

靖边地区西部油区延安组延 9 油层组呈现出的南北区域差异再次体现了储层砂体的非均质性,特别是由碎屑及胶结物引起的过敏反应,在勘探开发中应高度重视,避免因为不清楚储层特性而污染或损害储层。对于现场的勘探开发提出了新的要求,

并及时做好局部储层的化验分析,有助于更好地开展油气地质工作。

针对同一层位不同物性的储层,应分别取样化验分析,了解储层的区域及局部特征,有针对性地开展储层相关实验,更好地了解储层特性,有助于更好地改造储层,提高孔渗性。

参 考 文 献 / References

白卫卫. 2007. 鄂尔多斯盆地南部侏罗系延安组沉积体系研究. 西安: 西北大学硕士学位论文.

代金友, 李建霆, 等. 2013. 鄂尔多斯盆地里 151 油藏延 8—延 10 油组沉积特征及其与油气的关系. 油气地质与采收率(4): 5 ~ 9, 111.

高飞. 2012. 高家沟—青阳岔地区延 9 油藏有利区预测. 西安: 西安石油大学硕士学位论文.

何金先, 段毅, 等. 2012. 鄂尔多斯盆地林镇地区延安组延 9 油层组地层对比与沉积微相展布. 天然气地球科学(2): 291 ~ 298.

贾玉琴. 2009. 鄂尔多斯盆地靖边东南部延 9、延 10 油层组储层特征研究. 西安: 长安大学硕士学位论文.

姜大朋, 陈永峤, 等. 2008. 席麻湾地区延 9 油组储层沉积微相研究及其与含油性之间的关系. 石油天然气学报, (2): 216 ~ 219, 648.

雷迅, 武富礼, 等. 2013. 鄂尔多斯盆地靖边地区中山涧井区延 9 油藏成藏控制因素分析. 长江大学学报(自然科学版), (2): 34 ~ 37, 35.

李凤杰, 王多云, 等. 2009. 鄂尔多斯盆地华池地区中侏罗统延安组延 9 油层组河流沉积及演化. 古地理学报, (3): 275 ~ 283.

李健和, 陈万辉. 2011. 鄂尔多斯盆地靖边油田延 9 油藏产能差异研究. 石油地质与工程, (1): 56 ~ 59, 143.

孟凡伟. 2012. 陕北曹蝼蛄地区延 9 油层组沉积相及储层特征研究, 西安: 西安石油大学硕士学位论文.

明洁. 2010. 宁东地区延安组高分辨率层序地层研究. 青岛: 山东科技大学硕士学位论文.

尚金泉. 2012. 直罗油田北部延安组储层特征研究. 西安: 西安石油大学硕士学位论文.

史德锋. 2012. 陕北绥靖地区延安组延 9 油层组油气成藏条件与成藏模式. 长沙: 中南大学硕士学位论文.

师桂霞, 刘军锋. 2010. 安塞油田南部延安组延 9 油层组沉积相研究. 石油天然气学报, (1): 184 ~ 187.

王东东. 2012. 鄂尔多斯盆地中侏罗世延安组层序—古地理与聚煤规律. 北京: 中国矿业大学(北京)博士学位论文.

王靖茹. 2012. 靖边油田中山涧延 9 油层组储层特征与石油富集规律研究. 西安: 西安石油大学硕士学位论文.

于峰丹. 2008. 南梁油田华 64 区延 9 及长 4 + 5 沉积微相研究. 西安: 长安大学硕士学位论文.

赵筱艳. 2009. 志丹探区义正—吴堡区侏罗系延安组储层特征研究. 西安: 西北大学硕士学位论文.

张林森. 2011. 延长油田中生界石油地质特征与高效勘探. 北京: 石油工业出版社.

张娜. 2007. 鄂尔多斯盆地定边县姬塬油区延 9 和长 2 油层组油藏特征研究. 西安: 西北大学硕士学位论文.

张永霖. 1983. 鄂尔多斯盆地东南缘早、中侏罗世延安组沉积环境与煤炭资源分布规律. 地质论评, (4): 358 ~ 364.

郑小杰. 2009. 陕北斜坡中东部早中侏罗世沉积体系及油气富集规律研究. 西安: 长安大学硕士学位论文.

Analysis on Reservoir Characteristics of the Yan-9 Oil-bearing Bed, Yan’ an Formation, Middle Jurassic, in Western Jingbian Oilfield, Ordos Basin

MIAO Xiaolong¹⁾, ZHANG Hai²⁾, YU Bo¹⁾, HAN Huafeng²⁾, LIU Chengwen²⁾,
LIU Hanmei²⁾, WU Leilei²⁾, LI Xiangdong²⁾, ZHANG Xiaodong²⁾

1) Research Institute of Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) Co., Ltd, Xi’an, Shaanxi, 710075;
2) Jingbian Oil Production Plant, Yanchang Oilfield Corp., Ltd, Yulin, Shaanxi, 718500

Abstract: The discovery of the Yan-9 oil-bearing bed, Yan’ an Formation, Middle Jurassic, has much enlarged the area of the exploration and exploitation region. The Yan-9 oil-bearing bed is the main formation for more production in the Jingbian Oilfield. During exploration and exploitation, the Yan-9 oil-bearing formation shows different responsible action with the same tech-method (fracture and water-injection and so on). The Yan-9 oil-bearing bed is fluvial—lacustrine sediment, affected by source, transport and fluvial dynamic, showing different litho in north- and south-part of the studied area. In north-part, the Yan-9 reservoir shows main sandstone as subarkose and feldspar sandstone, with high-content fragment (82.0% ~ 89.5%) of quartz and feldspar, with matrix composing of kaolinite, mica, siltstone, with cement of ankerite, siliceous and so on. In south-part, the Yan-9 reservoir shows main sandstone as lithic feldspar sandstone and arkose, with high-content fragment (83.0% ~ 91.0%) of quartz, less feldspar, landwaste, mica and a bits of heavy mineral, with matrix composing of kaolinite and main cement of siliceous and carbonate. In general, the Yan-9 reservoir in in Western Jingbian Oilfield, Ordos Basin, shows well in porosity and permeability. As different type and content of fragment and cement, it is important to take different method respectively in exploitation way of water-injection to protect reservoir from pollution and destroy.

Keywords: Jingbian Oilfield, Ordos Basin; the Yan-9 Oil-bearing bed; reservoir characteristic; component