

姬塬地区长4+5油组超低渗油藏 储层特征及对产能的影响

刘志新¹ 杨金龙² 王广杰³

(东北石油大学地球科学学院¹,大庆 163318;中国石油长庆油田超低渗透油藏研究中心²,西安 710021;
中国石油大庆油田有限责任公司第八采油厂³,大庆 163514)

摘要 应用铸体薄片、X-衍射、扫描电镜、物性资料,对姬塬地区延长组长4+5砂岩储层特征进行研究。该套储层为陆相湖泊三角洲沉积体,储层岩性主要为细粒长石砂岩和细粒岩屑长石砂岩,储集空间孔隙以残余粒间孔和长石溶孔为主。储层物性较差,属于典型的低孔低渗油藏;根据储层宏观和微观特征可将该区储层划分为三类。试油结果表明I类储层区试油产能最好,II类储层区试油产能较好,III类储层区无产能。

关键词 长庆油田 姬塬 超低渗透 储层特征 孔隙类型 产能

中图法分类号 TE122.113; **文献标志码** B

长庆油田以发育低渗透油藏和超低渗透油藏为特征,20世纪80年代以前油气勘探一直未有较大的突破。近年来采用相控成藏理论和寻找岩性圈闭为主的勘探思想,油气勘探获得较大的突破,发现许多新的含油气层位。延长组长4+5油层组就是近年来在新油气勘探思想指导下发现的新含油气层位。目前姬塬地区是长4+5油层组发现油气的主要地区,截至2007年底,该区已上报探明石油地质储量五千多万吨^[1-3]。姬塬地区位于伊陕斜坡的中西部与天环坳陷中部地区(如图1),发现的长4+5油层组为低孔低渗透型,本文通过对研究区长4+5储层特征及与产能关系进行深入细致研究,揭示储层特征对产能控制规律,以期为进一步的产能建设提供可靠的地质依据。

1 储层特征

1.1 储层沉积特征

对岩芯观察及各种相标志研究,确立姬塬地区

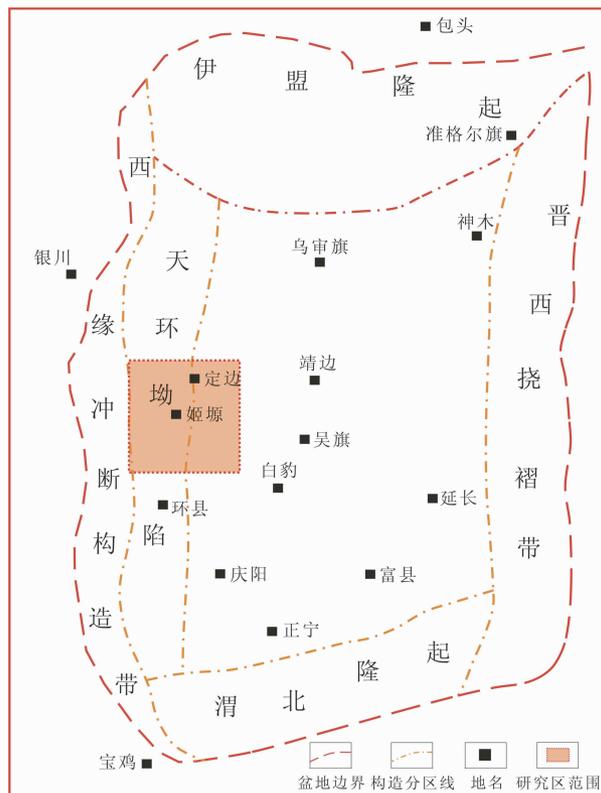


图1 鄂尔多斯盆地构造单元划分及研究区位置图

长4+5油层组为淡水湖泊建设型三角洲沉积体系,砂体呈指状进积特征,研究区内主要发育三角洲前

2011年6月28日收到

第一作者简介:刘志新(1982—),女,黑龙江省人,东北石油大学硕士研究生。研究方向:油田开发地质与储层评价。E-mail:lzxwgj@163.com。

缘亚相和前三角洲亚相沉积。三角洲前缘亚相又可划分为水下分流河道、河口坝、水下天然堤、远砂坝、席状砂五个沉积微相,其中水下分流河道和河口坝是三角洲前缘亚相沉积主体,砂岩含量可达70%,为油气富集的主要微相带。

1.2 储层岩石学特征

根据镜下岩石薄片观察与统计,姬塬地区长4+5油层组颗粒矿物组分由长石、石英和岩屑组成,其中长石颗粒含量在18%~64%,平均为44%;石英颗粒含量在22%~57%,平均为38%;岩屑含量在6%~41%,平均为18%。粒度分析表明,长4+5砂岩分选性较好,粒度在(0.08~0.2)mm,以细粒砂为主,频率统计细砂颗粒含量可达90%。储层岩性主要为长石细砂岩和岩屑质长石细砂岩。

1.3 储层成岩作用特征

储层成岩作用对储层的孔隙演化和储层渗流特征具有重要影响,对该区储层的孔隙演化起主要作用的有机械压实作用、胶结作用和溶解作用。

1.3.1 机械压实作用

机械压实作用是使孔隙度减小的储层成岩作用,在镜下表现为塑性颗粒的弯曲或颗粒形态变化,有的塑性碎屑形成假杂基状。定量统计表明,机械压实作用使储层孔隙度平均减小19.7%,依据压实强度分级标准^[4],姬塬地区储层属中等压实强度。

1.3.2 胶结作用

胶结作用是使孔隙度减小的储层成岩作用,研究区胶结作用类型包括:自生碳酸盐胶结、自生石英胶结、自生长石胶结、自生黏土矿物胶结。

1.3.3 溶蚀作用

研究区溶蚀作用以长石和岩屑的溶蚀为主,薄片观察表明,砂岩溶蚀作用贯穿于整个成岩演化过程中,准同生期表现为碎屑颗粒边缘的弱溶蚀作用,呈港湾状;浅埋藏期是由于地层中孔隙流体对碎屑颗粒的溶蚀,形成扩大的粒间孔;深埋藏期是溶蚀作用发生的最主要时期,主要表现为有机酸溶液对硅酸盐碎屑颗粒的溶蚀作用,特别是对长石和岩屑颗粒的溶蚀作用,溶蚀作用对本区储层建设具

有积极作用,统计表明本区溶蚀作用使储层孔隙度增加0.5%~1.5%。

1.3.4 储层成岩阶段

根据中国石油天然气行业标准《碎屑岩成岩阶段划分规范》,结合姬塬地区长4+5油层组砂岩压实程度、自生矿物成岩演化序列、黏土矿物演化特征,认为研究区储层成岩阶段处于中成岩A期。

1.4 孔隙与孔喉结构

1.4.1 孔隙类型

姬塬地区长4+5油层组储层孔隙类型主要有残余粒间孔、溶孔和微孔缝。

(1) 粒间孔

粒间孔是初始粒间孔经机械压实和化学胶结作用后残留的粒间孔隙。镜下观察表明粒间孔的发育与砂岩厚度密切相关。在砂体单层厚度较大,刚性颗粒较集中部位粒间孔大量发育。图像分析统计表明,研究区残余粒间孔含量在0~6%,平均为1.6%。

(2) 溶蚀孔

溶蚀孔是由于溶蚀作用使胶结物或颗粒发生溶蚀而产生的孔隙类型,表现为粒间溶孔、长石溶孔和岩屑溶孔三种类型,以长石溶孔最发育,占溶蚀孔隙总量的40%~50%,其次为岩屑溶孔。长石溶孔常呈蜂窝状粒内溶孔,长石颗粒全部溶解时,形成铸膜孔。

(3) 微孔缝

微孔主要是高岭石、绿泥石和伊利石等黏土矿物晶体之间的细小孔隙,在扫描电镜下可以观察到微孔大小一般为(1~10) μm 。微裂隙主要是颗粒裂隙,含量较低。

1.4.2 孔隙大小

图像分析结果显示,研究区砂岩储层孔隙大小多为(40~100) μm ,个别孔隙可达(130~250) μm 。一般孔隙直径(15.6~252.9) μm ,平均71.1 μm ;面孔率0.5%~6.5%,平均3.1%;孔隙比表面积0.2~0.8,平均0.4;孔隙形状因子0.4~0.9,平均0.6;孔喉比0.0~3.8,平均1.4;孔隙配位数0.0~1.0,平均0.3;孔隙均质系数0.3~0.6,平均0.5。

根据李道品等的划分方案^[5],姬塬地区储层孔隙直径主要分布在(10~90) μm ,分布峰值为30 μm 和50 μm ,属大孔或中孔型,其次为小孔。

1.4.3 孔隙组合

研究区储层孔隙组合类型有粒间孔+微孔组合、粒间孔+溶孔+微孔组合、溶孔+微孔组合和微孔组合四种,其中前三种是有利的孔隙组合类

型。这些有利的孔隙组合主要分布在水下分流河道或河口坝微相砂岩中,并受控于有利的成岩相带中。

1.4.4 孔喉结构

根据姬塬地区长4+5储层砂岩压汞资料确定孔喉半径及毛管压力曲线特征将研究区孔隙结构划分为三大类(见表1)。

表1 孔隙结构划分

孔隙结构类型	主要特点	亚类
喉道双峰型	喉道变化范围较大,粗喉-微喉均有出现,但喉道分布呈双峰式是最有利的孔喉结构类型	双峰式细喉-微喉发育不均匀型 双峰式细喉-微喉发育均匀型 双峰式粗喉-微喉均等发育均匀型 双峰式粗喉发育均
细喉-微喉不均匀-均匀型	喉道以细喉和/或微细喉分布为主是较有利的孔喉结构类型	微细喉-微喉发育不均匀型 微喉发育均匀型
粗喉-微喉极不均匀型	喉道分选差,粗喉-微喉均有出现是较差的孔喉结构类型	喉道分选差微喉发育型 喉道分选差粗喉-微喉均等发育型

1.5 储层物性

岩心测试分析结果表明:姬塬地区长4+5储层孔隙度为2.1%~14.4%,平均为8.4%;渗透率为 $0.008 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 0.849 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;平均为 $0.26 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。孔隙度多集中在5%~10%;渗透率一般在 $0.2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 以下。表明本区是低孔超低渗透型储层。

1.6 储层分类与评价

常规储层评价标准不适合于长4+5油层组超低渗透型储层,因此针对该区储层沉积微相、砂体、成岩、物性、孔喉参数等特征,建立了适合研究区储层特征的评价标准,将本区储层划分为三类,并编制了储层综合评价平面图。

从长4+5组储层分布总体来看,I类储层分布面积较小,占全区的25.3%,储层性能最好,测井解释孔隙度平均为9.71%,测井解释渗透率平均为0.72 md,平均砂岩厚度为18 m,一般位于水下河道核心部位。

II类储层分布面积最大,占全区的40.6%,储

层性能较好,平均测井解释孔隙度为9.67%,平均测井解释渗透率为0.59 md,平均砂岩厚度为13.1 m,一般位于水下河道边缘部位或河口坝部位,厚度比I类储层薄。

III类储层是较差储层或非储层,面积较大,占全区的34%,测井解释孔隙度平均为4.49%,测井解释渗透率平均为0.37 md,平均砂岩厚度为6.36 m,一般位于水下河道间湾或薄层河口坝。

2 储层对油层及单井产能的控制

将姬塬地区长4+5组不同储层平面分布与油层分布及试油井单井产能资料结合起来研究,发现储层对油层发育及单井产能有很大的影响和控制作用^[6],I类储层尽管分布面积小但油层厚度最大,试油井出油井数多,试油单井产能高;II类储层区油层较发育,试油单井产能也较高,但出油井百分比低,III类储层分布区无油层分布,无试油井(见表2)。

表 2 姬塬地区长 4+5 组不同类型储层与产能关系统计表

储层 级别	面积/km ²		比率 /%	平均油层 厚度/m	试油出油井数/口		比率 /%	平均日产 油/(t·d ⁻¹)
	全区	分区			试油井	出油井		
I		471.7	25.3	7.93	41	28	68	12.65
II	1865.6	758.1	40.6	6.6	90	44	48.8	11.54
III		635.85	34.0	0	0	0	0	0

3 结论

通过对长 4+5 组储层特征及对产能控制作用的综合研究,认为长 4+5 组储层岩性主要为长石细砂岩和岩屑质长石细砂岩;储层物性较差、为典型的低孔超低渗透储层;储层成岩阶段处于中成岩 A 期;储层孔隙类型主要有残余粒间孔、溶孔和微孔缝;三角洲前缘水下分流河道砂和河口坝为有利油气富集微相带,建立了适合该区的储层评价标准,该区储层可划分为三类,I、II 类储层是该区有利储层,并控制该区油层分布和单井产能。

参 考 文 献

1 罗顺社,银 晓. 鄂尔多斯盆地姬塬地区延长组长 8 沉积相的研

究. 石油天然气学报,2008;30(8):5—9

2 王战永,陈义才,何逢阳,等. 鄂尔多斯盆地姬塬地区延长组长 6 段储层特征研究. 中国西部科技,2010;29(10):19—21

3 窦伟坦,田景春,王 峰,等. 鄂尔多斯盆地长 6 油层组储集砂岩成岩作用及其对储层性质的影响. 成都理工大学学报(自然科学版),2009;36(2):153—159

4 温德顺,陈章顺,卜广平,等. 姬塬油田胡 150 胡 153 区长 4+5 储层特征及主控因素. 西安石油大学学报(自然科学版),2010;25(3):30—33

5 申 芳,任 亮,李 罡等. 鄂尔多斯盆地姬塬地区长 2₁ 储层特征及其影响因素. 辽宁化工,2010;39(10):1090—1092

6 孙肇才,谢秋元. 叠合盆地的发展特征及其含油性——以鄂尔多斯盆地为例. 石油实验地质,1980;(1):13—21

Jiyuan Region 4 + 5 Group of Ultra-low Permeability Oil Reservoir Characteristics and the Impact on Productivity

LIU Zhi-xin¹, YANG Jin-long², WANG Guang-jie³

(Northeast Petroleum University¹, Daqing 163318, P. R. China; PetroChina Changqing Oilfield Research Center, Ultra-Low Permeability Reservoir², Xi'an 710021, P. R. China; PetroChina Daqing Oilfield Co., Ltd. Eighth Oil Production Plant³, Daqing 163514, P. R. China)

[Abstract] Thin sections, X-diffraction, scanning electron microscopy, physical property data, Jiyuan Yanchang 4+5 characteristics of sandstone reservoirs, the sets of reservoir lake delta deposits for the continental body, reservoir lithology mainly fine-grained sandstone and fine-grained lithic feldspathic sandstone pore space of the residual intergranular pores and feldspar dissolved pore. Poor reservoir properties, typical of the low porosity and low permeability reservoirs; based on macro and micro characteristics of the reservoir the reservoir can be divided into three categories, testing results show that a class of test oil production capacity of the reservoir area the best, the second class of reservoir area of oil production well testing, production capacity of three types of non-reservoir areas.

[Key words] Changqing Oilfield Jiyuan ultra-low permeability reservoir characteristics pore types capacity