

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2019.01.015

鄂尔多斯盆地甘谷驿油区延长组长 6 储层综合评价

朱谨谨¹, 符超峰¹, 杨海龙², 辛江^{1,3}, 马东升¹, 王涛¹, 屈伟东¹

(1. 长安大学地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054; 2. 延长油田股份有限公司宝塔采油厂, 陕西 延安 716000;
3. 中石油煤层气有限责任公司工程技术研究院, 陕西 西安 710003)

摘要:运用先进的恒速压汞、核磁共振可动流体饱和度测试分析技术,结合常规储层物性等分析,系统的研究了鄂尔多斯盆地甘谷驿油区延长组长 6 油层组砂岩储层的岩石学特征、孔隙特征及孔渗分布特征等,进而对甘谷驿油区长 6 储层进行综合分类评价。研究表明,甘谷驿油区长 6 储层的岩性以细粒长石砂岩为主;储集空间类型以残余粒间孔和溶蚀孔为主;甘谷驿油区长 6 储层以微喉道为主,且储层流通性质的好坏主要受喉道大小的控制;储层内可动流体饱和度整体偏低。总体上,甘谷驿油区长 6 储层显示为低孔-超低渗的储层特征。结合甘谷驿油区长 6 储层的存储系数、地层系数和流动带指数等地质参数对储层进行多因素综合评价,认为甘谷驿油区长 6 储层最终可分为 4 类,并以Ⅲ类较差储层为主。

关键词:甘谷驿油区;延长组;储层特征;储层评价

中图分类号:P618.13

文献标志码:A

文章编号:1009-6248(2019)01-0166-10

Comprehensive Evaluation of Chang 6 Reservoir from Yanchang Formation in Ganguyi Oil Area, Ordos Basin

ZHU Jinjin¹, FU Chaofeng¹, YANG Hailong², XIN Jiang^{1,3}, MA Dongsheng¹,
WANG Tao¹, QU Weidong¹

(1. School of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2. Yanchang Oil Field Co., Ltd. Pagoda oil production plant, Yan'an 716000, Shaanxi, China; 3. Petro China CBM Institute of Engineering Technology, Xi'an 710003, Shaanxi, China)

Abstract: By using the advanced techniques of constant velocity mercury pressure and NMR fluid saturation testing, combined with conventional reservoir physical analysis, the characteristics of petrology, pore, porosity and permeability distribution of Yanchang Chang 6 sandstone reservoir in Ganguyi oil area, Ordos Basin have been systematically studied, and then the comprehensive classification and evaluation of Chang 6 reservoir in Ganguyi oil area have been made in this paper. The results show that the lithology of Chang 6 reservoir in Ganguyi oil area is dominated by fine feldspar sandstone. The reservoir space types mainly consist of residual intergranular pore and dissolution pore. The reservoir of Chang 6 reservoir in Ganguyi oil area is dominated by microlarynx, and the flow property of this reservoir is mainly controlled by the throat size. The saturation of movable fluid in the reservoir is on the low side. On the whole, the Chang 6 reservoir

收稿日期:2017-12-06;修回日期:2018-07-19

基金项目:延安油田股份有限公司宝塔采油厂科技项目(ycsy2016ky-C-02-17)

作者简介:朱谨谨(1991-),女,硕士研究生,地质工程专业。E-mail:1572202050@qq.com

in Ganguyi oil area is characterized by low porosity and ultra-low permeability. The reservoir of Chang 6 reservoir in Ganguyi oil area has been evaluated by the geological parameters, such as storage coefficient, formation coefficient and flow zone index. It is considered that Chang 6 reservoir in Ganguyi oil area can be divided into 4 types, and the type III with poor reservoir is the main reservoir.

Keywords: Ganguyi oil area; Yanchang Formation; reservoir feature; reservoir evaluation

储层的分类及评价是储层研究的最终目的。随着对储层预测精度要求的逐步提高,国内外专家对储层评价方法的选择上慢慢重视起来。近年来,储层评价方法由定性化向量化的转换逐渐成为储层评价发展的大趋势,并且对储层进行评价时考虑的影响因素也越来越多,即由简单的孔渗研究逐步向多因素综合评价发展(TAKAHASHI等,2010; WILKES等,2008;陈欢庆等,2015;兰朝利等,2008;林铁锋等,2017;林向洋等,2011;孟祥超等,2017;石影等,2015;姚燕飞等,2017;张洪盼等,2017;周翔等,2018)。例如,兰朝利等利用岩心、录井、测井和试油资料,研究了兴城气田火山岩储层的定量描述参数和定性描述参数,并结合试油成果,对低渗透火山岩气藏储层进行分类研究(兰朝利等,2008)。然而,国内外储层评价方法亦具有差异性:国内主要侧重于运用各种数学或地质学方法优选评价参数对储层进行分类;国外则主要侧重于运用各种数学、地质学及实验等方法对孔渗等常规储层物性参数及裂缝等进行评价(陈欢庆等,2015)。不同渗透率的储层,采用不同的储层评价方法。中、高渗透率储层大多优选储层的有效厚度、孔渗、丰度等参数对储层进行评价。而由于超低渗储层具有复杂的微观孔喉结构和油水分布关系、多变的流体微观渗流机理、较低的水驱效率等问题(庞振宇等,2017),所以不能用评价中、高渗透率储层的标准来评价超低渗储层,否则将无法反映超低渗储层的本质特征,从而影响最终评价结果,导致评价结果与实际情况不相符。故首先运用先进的恒速压汞、核磁共振可动流体饱和度测试分析技术,对甘谷驿油区长6储层的微观孔隙结构特征等进行了具体分析。其次结合甘谷驿油区长6储层的存储系数、地层系数及流动带指数等地质参数,对储层进行多因素综合评价,最终得到各类储层的平面分布情况。

1 油区地质概况

鄂尔多斯盆地是中国最早发现并进行石油勘探

开发研究的大型含油气盆地之一(杨华等,2012;胡芸冰等,2017)。甘谷驿油区位于陕西省延安市宝塔区境内,构造位置处于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡的东部(宋思媛,2016)。三叠系延长组长4+5和长6储层作为甘谷驿油区的主力油层,其埋藏深度一般在200~600m。其中,研究的目的层系——甘谷驿油区长6储层广泛发育水下三角洲前缘沉积,是鄂尔多斯盆地东南缘延安-延长大型湖泊三角洲沉积体系的一部分。甘谷驿油区地层较为平缓,坡降平均8m/km,整体上表现为向西倾斜的单斜构造,局部有小型的鼻状隆起构造。

2 储层特征

2.1 储层岩石学特征

甘谷驿油区长6储层的岩性以细粒长石砂岩为主,其次为中-细粒长石砂岩(图1)。其中,长石占51.9%,以钾长石为主;石英占22%,黑云母占8.1%,岩屑占4.1%,以变质岩屑为主;胶结物平均为7.4%,主要为绿泥石、方解石、浊沸石、高岭土等。砂岩颗粒风化程度深,分选性好,多呈次棱角-次圆状,说明碎屑颗粒被搬运的距离较远,所经历的水动力条件较强(庞雯等,2004;郝强等,2016;李彦举等,2017)。

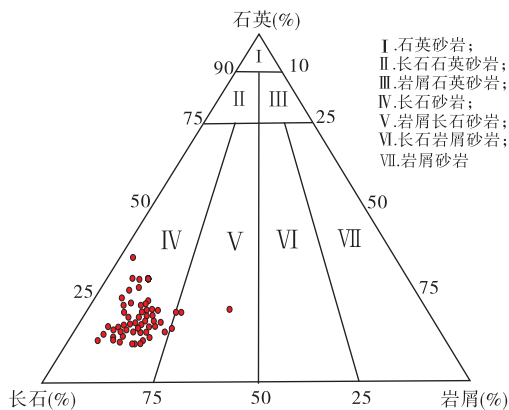


图1 甘谷驿油区长6油层组砂岩组分三角图

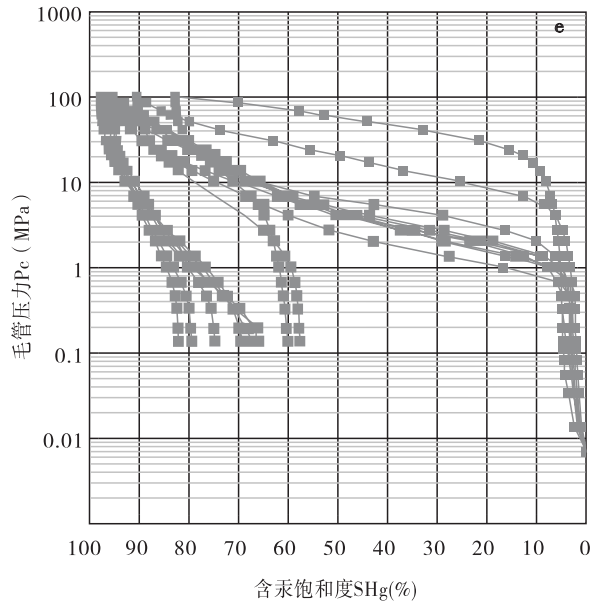
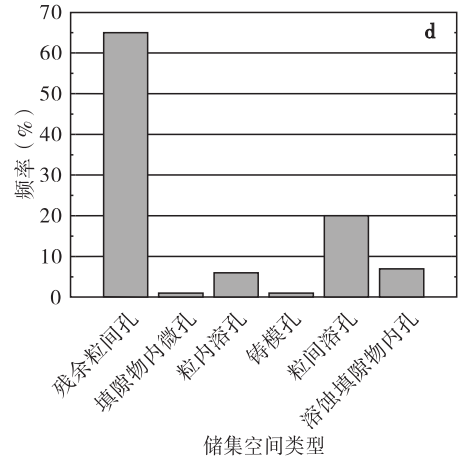
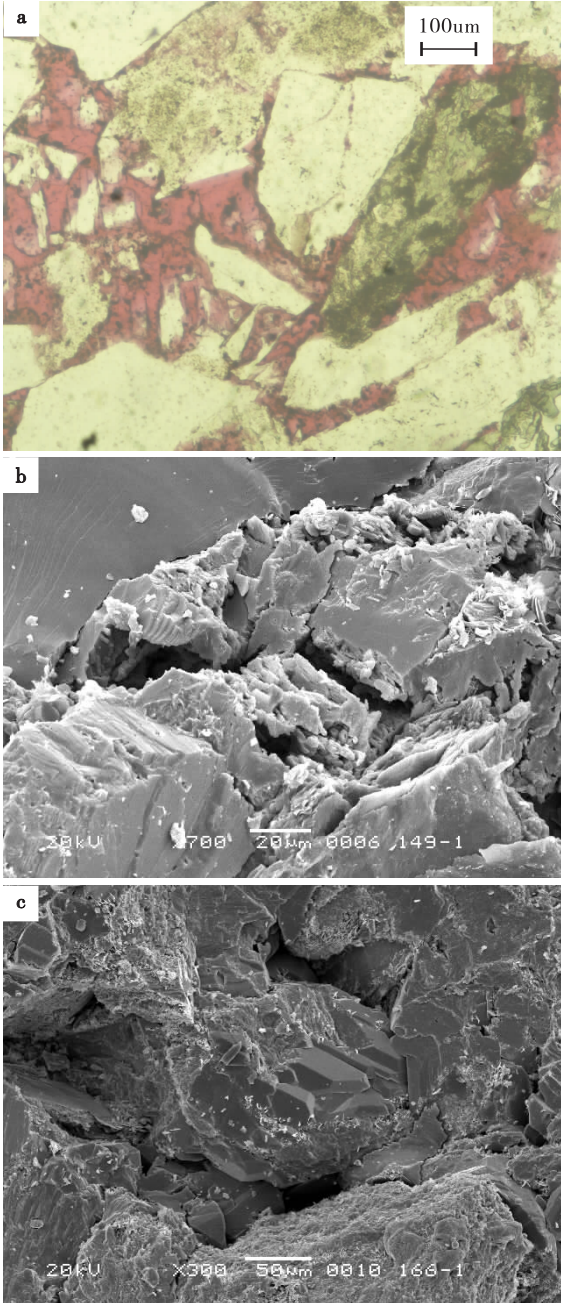
Fig. 1 A triangle diagram of sandstone components of Chang 6 formation in Ganguyi oil area

2.2 储层孔隙特征

2.2.1 孔隙类型

甘谷驿油区长6储层的主要储集空间类型为残余粒间孔和溶蚀孔,局部发育显微裂缝(图2a、图2b、图2c)。其中,残余粒间孔平均占总孔隙的

65%,溶蚀孔约占总孔隙的26%~33%(图2d)。当各类孔隙发育时,储层的面孔率可达7%~8%。粒间溶孔和粒内溶孔主要是地下的酸性流体沿着长石、浊沸石或方解石等溶解组分的颗粒边缘或解理缝进行溶蚀而形成的。



a. 残余粒间孔及浊沸石溶孔,唐149井,长6; b. 钾长石颗粒被强烈溶蚀破碎,形成次生溶蚀孔隙,唐149井,394.2 m; c. 石英次生加大及粒间孔隙,唐166井,461.52 m; d. 甘谷驿油区长6储层砂岩储集空间类型图; e. 甘谷驿油区长6油层组毛管压力曲线类型图

图2 甘谷驿油区长6储层孔隙及孔喉特征图

Fig. 2 Pore and pore throat characteristics of Chang 6 reservoir in Ganguyi oil area

2.2.2 孔隙结构

储层的孔隙结构主要由孔隙和喉道组成。其中,孔隙与孔隙之间直接由相对狭小的喉道进行连接,并且储层的储渗能力与储层的孔隙结构有着直接的联系(杨莎莎等,2014;杨甫等,2016)。通过对甘谷驿油区长 6 储层砂岩样品的压汞法毛管压力曲线的测定(图 2e),认为甘谷驿油区长 6 储层孔喉结构较差,结构系数平均为 2.67,排驱压力中等,平均为 1.23MPa,平均中值压力为 11.597MPa,储层渗透能力相对较差,主要由 0.25~1.6 μm 的较大喉道提供;中值半径为 0.013~0.287 μm ,平均为 0.14 μm 。其中,小于 0.2 μm 的占 90%,表明甘谷驿油区长 6 储层以微喉道为主;分选系数为 1.1~2.187,平均为 1.912,分选性较差;最大进汞饱和度为 94.5%,退汞效率为 16.7%~36.3%,平均为

26.7%,储层驱替能力较差。

近年来发展起来的恒速压汞技术是研究储层微观孔隙结构的先进测试技术之一,相对于常规压汞技术,恒速压汞技术可以直观的观察进汞压力曲线上孔隙、喉道的大小及数量的分布情况,这对于孔、喉性质差别很大的超低渗储层尤为重要(宋思媛,2016)。

运用恒速压汞技术对甘谷驿油区长 6 储层的 5 块超低渗岩样进行测试并分别绘制孔道、喉道半径分布频率曲线(表 1),可知不同渗透率的岩样孔隙半径分布曲线基本一致,相对较粗,主要集中在 100~200 μm ,而喉道半径分布曲线相对差异较大且偏细,主要为 0.2~0.7 μm ,但它们的分布状态都为单峰型,近似于正态分布(图 3)。说明喉道半径是影响超低渗储层流通性质的关键因素。

表 1 甘谷驿油区恒速压汞测试结果表

Tab.1 Test results of constant Velocity Mercury pressure in Ganguyi oil area

岩心编号	孔隙度 (%)	渗透率 ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	平均孔隙半径(μm)	最大连通喉道半径(μm)	平均喉道半径(μm)	主流喉道半径(μm)	相对分选系数	微观均质系数	平均孔喉半径比
HSYG15-W034	8.9	0.23	133.279	0.542	0.483	0.111	0.333	0.05	283.314
HSYG15-W035	10.81	0.47	148.932	2.517	1.706	1.276	0.684	0.023	175.171
HSYG15-W036	8.79	0.089	136.896	0.997	0.717	0.031	0.537	0.04	223.304
HSYG15-W037	9.62	0.32	144.209	0.442	0.355	0.11	0.265	0.06	433.036
HSYG15-W038	9.35	0.32	138.454	0.435	0.357	0.15	0.28	0.07	416.158

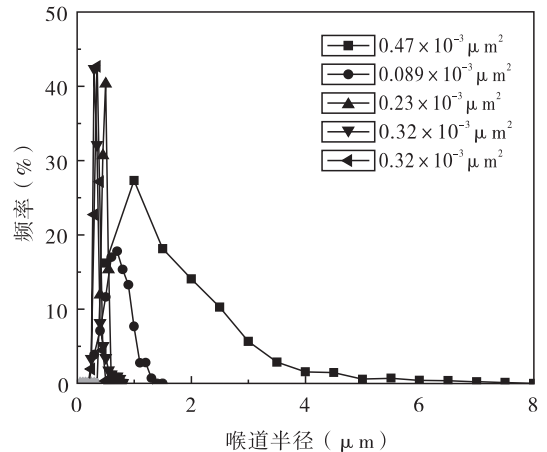
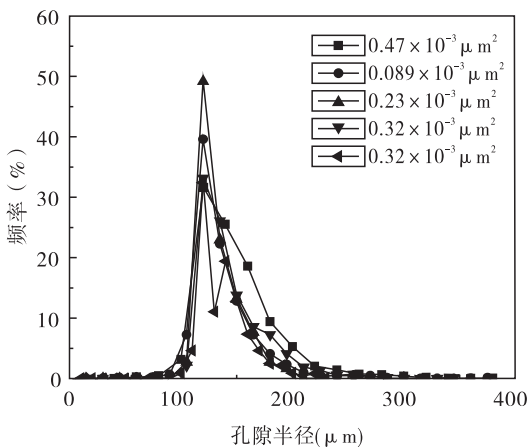


图 3 5 块超低渗岩样孔道半径和喉道半径分布曲线图

Fig.3 Radius and throat radius distribution curves of 5 ultra-low permeability rock samples

核磁共振技术可用于储层可动流体的定量评价,核磁共振(NMR)技术是通过测量地层岩石孔隙

流体总氢核的核磁共振弛豫信号的幅度和弛豫速率来探测地层岩石孔隙结构的一种技术,它包含了储

层物性、孔隙类型、孔径大小、流体类型及其分布等十分丰富的信息(宋思媛,2016)。

通过对甘谷驿油区长6储层3块样品进行的核磁共振实验(表2),利用核磁共振技术对储层进行微观孔隙结构与可动流体饱和度关系研究。结果表

明:甘谷驿油区长6储层的可动流体饱和度整体偏低,平均为36.81%,且甘谷驿油区长6储层的核磁共振T₂谱均为双峰型。其中,相对于左右峰相近型,左峰高右峰低型不仅孔喉半径较小,束缚流体区域较大,而且可动流体饱和度亦较好。

表2 甘谷驿油区长6储层核磁共振测试结果表
Tab.2 Nuclear magnetic resonance test results in Ganguyi oil area

井号	样品编号	孔隙度 (%)	渗透率 (10 ⁻³ μm ²)	含油饱和度 (%)	含水饱和度 (%)	束缚水饱和度 (%)	可动水饱和度 (%)	含油孔隙度 (%)	可动流体饱和度 (%)
唐165	F34	11.98	0.48	1.31	98.69	67.37	31.32	0	32.63
唐152	F17	10.31	0.36	7.57	92.43	63.78	28.65	0.58	30.48
唐168	F41	7.7	0.39	6.78	93.22	48.82	44.4	0.32	47.31
平均		10	0.41	5.22	94.78	59.99	34.79	0.3	36.81

2.3 孔隙度、渗透率分布特征

甘谷驿油区长6储层为低孔-超低渗型储层,且物性较差。根据甘谷驿油区24口井1746块样品的岩心资料统计分析,分别绘制孔隙度、渗透率频率

分布直方图(图4)。可知甘谷驿油区延长组长6储层孔隙度主要为8%~10%,平均为8.21%;渗透率主要为0.1×10⁻³~0.5×10⁻³ μm²,平均为0.52×10⁻³ μm²。

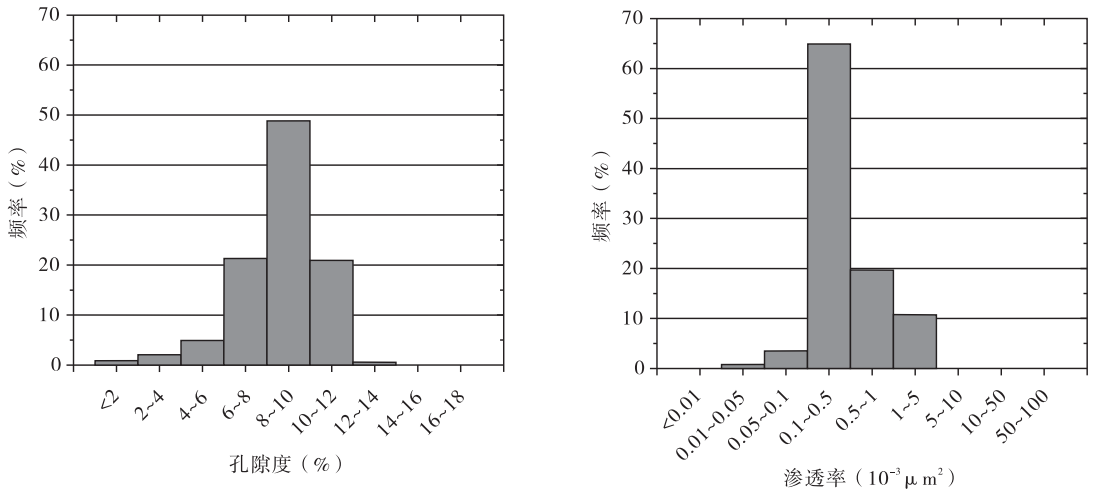


图4 甘谷驿油区孔隙度、渗透率分布直方图

Fig.4 Porosity, permeability distribution histogram in Ganguyi oil area

3 储层评价

3.1 单因素评价法

3.1.1 存储系数评价法

据容积法储量计算公式,储层的存储系数与存储能力呈正相关,故利用存储系数评价储层,有利于寻找有利油气富集区(谭成仟,2008)。统

计分析甘谷驿油区长6储层的存储系数,发现其直方图近似于正态分布(图5a)。根据直方图中存储系数的累计频率25%与75%所对应的存储系数将甘谷驿油区长6储层划分为3大类(表3)。

根据对存储系数绘制的平面分布图分析,甘谷驿油区内A类储层平面分布比例较B、C类储层平面分布比例小,总体呈条带状分布(图5b)。

