涠洲F4油田流沙港组储层微观结构及两相渗流特征

张乔良[1],储莎莎[2],姜平[1],许月明[1],彭文丰[1],李明[1]

1.中海石油(中国)有限公司湛江分公司研究院,湛江 524057
2.中国石油勘探开发研究院廊坊分院,廊坊 065007

摘要 涠洲F4油田位于南海北部湾地区,包含涠洲组和流沙港组两套含油层,其中涠洲组属于高渗油藏,已经全面开发,测井解释结果显示流沙港组储量可观,但低渗透储量高达82%,涠洲组的开发经验不适用于流沙港组。针对流沙港组非均质性强、微观孔隙结构复杂及注水难度大等问题,利用恒速压汞、核磁共振和油水驱替物理模拟等实验技术,对储层微观孔隙结构及油水驱替规律等进行系统研究。研究表明,涠洲F4油田流沙港组需要技术攻关的储层渗透率是1×10^{-3}~5×10^{-3} μm²,且储层渗透率低于2×10^{-3} μm²时,以小于1 μm的喉道为主,渗流阻力大,水驱开发难度大;低渗透油藏,前期保持较高地层压力能明显提高驱替效率,残余油状态水相渗透率低于0.2,注水压力高,后期采用小排量温和注水既有利于有效注水,又能保持较高渗吸效率,以此提高储层采收率。

关键词 低渗透油藏;核磁共振;油水相渗;孔隙结构
中图分类号 TE311 **文献标志码** A **doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2014.12.008

Microscopic Structural and Seepage Characteristics of Reservoirs in the Group of L WZF4 Oilfield

ZHANG Qiaoliang[1], CHU Shasha[2], JIANG Ping[1], XU Yueming[1], PENG Wenfeng[1], LI Ming[1]

1. Research Institute of Zhanjiang Branch, CNOOC Ltd., Zhanjiang 524057, China
2. Petro China Research Institute of Petroleum Exploration & Development-Langfang, Langfang 065007, China

Abstract WZF4 oilfield is located in the Beibu Gulf in the South China Sea area, including the oil-bearing formation for the group of WZ and the group of L. The group of WZ contains high permeability reservoirs, and is fully developed. The logging interpretation results show considerable reserves for the group of L, with the low permeability reserves up to 82%. The development experience for the group of WZ is not applicable to the group of L. The group of L has the problems of heterogeneity, complicated micro pore structure and difficult water injection. The microscopic pore structure and the distribution of the oil-water displacement of reservoirs are obtained by the experiment technologies of the constant rate mercury, the NMR and the physical simulation of the oil-water displacement. It is shown that the reservoir permeability is 1×10^{-3}-5×10^{-3} μm² for the group of L. When the reservoir permeability is below 2×10^{-3} μm², most throats are less than 1 μm, the filtration resistance is high and the water flooding development is difficult. For the low permeability reservoir, the high formation pressure can significantly improve the displacement efficiency. The residual oil phase permeability is lower than 0.2, the water injection pressure is high, and the small moderate injection is conducive to the effective injection, and keeps a high imbibition efficiency, to improve the reservoir recovery.

Keywords low permeability reservoir; nuclear magnetic resonance; water-oil relative permeability; pore structure

收稿日期:2013-11-29;修回日期:2014-03-11
基金项目:中海油重大科技攻关项目(CNOOC-KJ 125 ZDXM 07 LTD 02 ZJ 11)
作者简介:张乔良,工程师,研究方向为油气田开发,电子信箱:Zhangql208@163.com
引用格式:张乔良, 储莎莎, 姜平, 等. 涠洲F4油田流沙港组储层微观结构及两相渗流特征[J]. 科技导报, 2014, 32(12): 54-59.

涠洲F4油田位于南海北部大陆架北部湾盆地涠西南凹陷南部缓坡带、涠西南低凸起东北倾没端,油田有涠洲组和流沙港组两套含油层,其中涠洲组已经全面开发,流沙港组部分试生产。涠洲组平均渗透率大于1×10^{-3} μm²,属于高渗透油藏,开发难度小;流沙港组试生产和测井解释结果表明虽然储量规模可观,但其中低渗透储量高达82%,属于低渗透油藏,开发难度大。与常规中、高渗透油藏储层不同,涠洲F4油田流沙港组储层物性差、非均质性强,WZA井和WZB井相距约100 m,物性相差近100倍;微观孔隙结构复杂、两相渗流机制不明,WZB井每采出1%地质储量,地层压力下降1.49 MPa,地层压力下降快,水体能量不足。高渗透油藏涠洲组的开发经验已经不适用于低渗透油藏流沙港组,因此需要对涠洲F4油田流沙港组的储层微观孔隙结构特征进行综合性的精细研究,揭示两相渗流机制,明确涠洲F4油田流沙港组开发难度及开发潜力,对指导该类油藏的合理开发具有重要意义。

1　储层微观孔隙结构特征研究

储层孔隙结构主要由喉道和孔隙组成,是影响储层渗流能力的主要因素[1,2]。本文利用恒速压汞实验对涠洲F4油田流沙港组储层岩心进行测试分析,研究储层微观孔隙结构特征。

1.1　恒速压汞实验原理

恒速压汞实验是假设多孔介质由直径大小不同的喉道和孔隙构成,以非常低的恒定速度进汞,根据压力的涨落将孔隙与喉道区别开来,从而测试出不同级别喉道数目,并计算出不同喉道的渗透率贡献[3]。

1.2　实验结果分析

选取9块不同渗透率级别的岩心进行恒速压汞测试,分析不同级别喉道所占比例,定量计算喉道对岩心渗透率贡献程度,测试结果见图1~图3。

从图1可以看出,不同渗透率级别岩心喉道半径差异明显,表明喉道是决定储层渗流性质的主要因素[1,2]。结合图1~图3可知,渗透率小于10^{-3} μm²的岩心,小于1 μm的喉道占76.1%,渗透率贡献45.1%;1~2 μm的喉道占21.3%,渗透率贡献39.4%,即小于1×10^{-3} μm²的储层,喉道半径以小于1 μm为主,开发难度大,目前的技术难以实现有效开发[4]。渗透率为$1\times10^{-3}\sim5\times10^{-3}$ μm²的岩心,1~2 μm的喉道占43.2%,渗透率贡献45.8%;2~4 μm的喉道占15.8%,渗透率贡献38.0%,即$10^{-3}\sim5\times10^{-3}$ μm²的储层,喉道半径以1~2 μm为主,开发难度相对大,需要进一步攻关才能实现有效开发[4]。渗透率为$5\times10^{-3}\sim50\times10^{-3}$ μm²的岩心,2~4 μm的喉道占42.0%,渗透率贡献51.0%;大于4 μm的喉道占12.6%,渗透率贡献39.4%,即$5\times10^{-3}\sim50\times10^{-3}$ μm²的储层,喉道半径以2~4 μm为主,开发难度相对小,技术相对成熟,可以实现有效开发[4]。渗透率大于50×10^{-3} μm²的岩心,大于4 μm的喉道占90.8%,渗透率贡献97.5%,即大于50×10^{-3} μm²的储层,以大于4 μm的喉道为主,开发难度小,技术成熟,可以实现高效开发[4]。

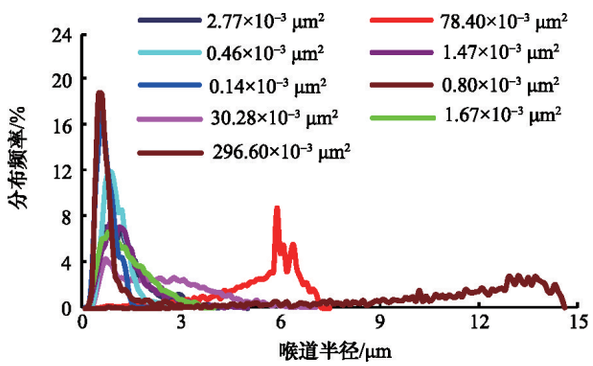

图1　不同渗透率岩心喉道分布

Fig. 1　Distribution of different permeability core throats

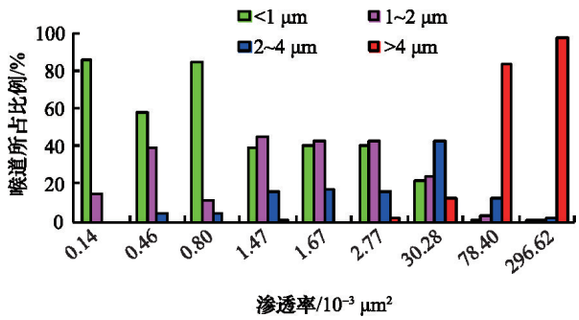

图2　不同级别喉道半径所占比例

Fig. 2　Different levels of throat radius ratio contribution rate

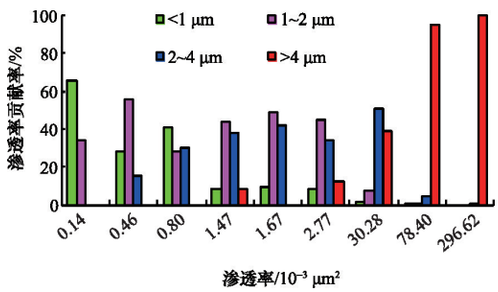

图3　不同级别喉道渗透率贡献率

Fig. 3　Different levels of throat permeability

1.3　涠洲F4油田流沙港组开发难易程度分析

恒速压汞技术对喉道发育个数的精确统计促使了主流喉道半径概念的提出,对渗透率贡献累积达到85%所对应的喉道半径,此即为主流喉道半径[4]。将本次研究的涠洲F4油田流沙港组与中石油典型低渗透区块长庆、华北、吉林和大庆作对比,结果如图4所示。

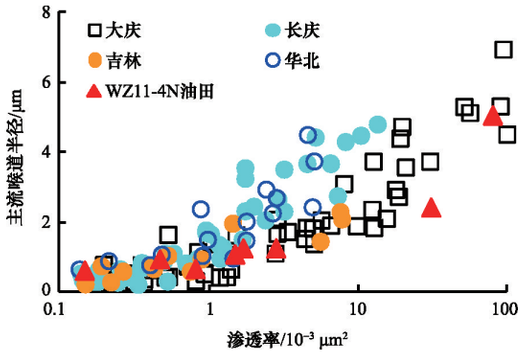

图4 主流喉道半径与渗透率对应关系

Fig. 4 Relationship between reservoir mainstream throat radius and permeability

由图4可知,涠洲F4油田流沙港组主流喉道半径与渗透率存在对应关系,并且当渗透率小于2×10^{-3} μm²时,主流喉道半径降低至1 μm附近,表明当储层渗透率小于2×10^{-3} μm²时,水驱开发难度明显增加。在渗透率低于1×10^{-3} μm²的超低渗透油藏范围内,涠洲F4油田流沙港组的主流喉道半径为0.77 μm,高于大庆油田研究区块的0.58 μm,低于华北油田研究区块的1.22 μm,开发难度介于大庆油田研究区块和华北油田研究区块之间。渗透率在1×10^{-3}~10×10^{-3} μm²的特低渗透油藏范围内,涠洲F4油田流沙港组主流喉道半径为1.23 μm,低于长庆油田研究区块的2.97 μm、华北油田研究区块的2.59 μm、吉林油田研究区块的1.98 μm和大庆油田研究区块的1.54 μm,开发难度高于陆上低渗透油田研究区块。

2 核磁共振可动流体研究

2.1 核磁共振实验原理

核磁共振是指原子核与磁场之间的相互作用[5],对处于饱和水(油)状态的岩石进行核磁共振测量得到的是岩石孔隙中流体氢核的响应信号。根据核磁共振T_2谱,不仅可以得到孔隙度、渗透率等储层常规物性参数,而且与离心、水驱油等实验技术相结合,还可以获得可动流体百分数、剩余油微观分状态等储层评价所需的关键参数,其作为一种快速、无损检测技术在石油工业领域中的应用越来越广泛[6,7]。

当孔隙流体的弛豫时间大于某一弛豫时间时,流体为可动流体,反之为束缚流体,这个弛豫时间界限即称为可动流体T_2截止值。确定T_2截止值的方法:根据脱去可动水后的岩心T_2谱,计算累积T_2信号量,再在全饱和水岩心的T_2谱上找一点,使其左边的累积T_2信号量与脱去可动水后总累积T_2信号量相等,该点对应的T_2值即为T_2截止值[8~16]。

2.2 实验结果分析

选取指定岩心,根据离心前后核磁共振信号计算可动流体T_2截止值平均为11.7 ms,作为划分本油区T_2束缚流体和自由流体的界限。选取4块不同渗透率级别岩心进行可动流体百分数测试,分析结果如图5所示。

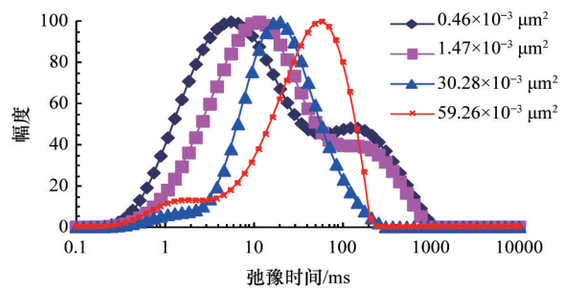

图5 不同渗透率级别核磁共振T_2谱

Fig. 5 NMR T_2 spectrum of different permeability levels

由图5可知,渗透率由0.46×10^{-3} μm²增加至59.26×10^{-3} μm²,曲线右移,右峰比例增加,根据T_2截止值计算可知,渗透率为0.46×10^{-3},1.47×10^{-3},30.28×10^{-3}和59.26×10^{-3} μm²的岩心,可动流体百分数分别为41.5%、56.1%、66.7%和79.4%,即随着渗透率的增大,可动流体百分数增加。储层渗透率越低,喉道半径越小,固液界面作用越强,束缚流体越多,开发潜力越低。

2.3 涠洲F4油田流沙港组开发潜力分析

选取涠洲F4油田流沙港组的38块岩心进行可动流体百分数测试,将结果与与长庆、华北、吉林和大庆外围典型低渗透区块作对比,结果如图6所示。

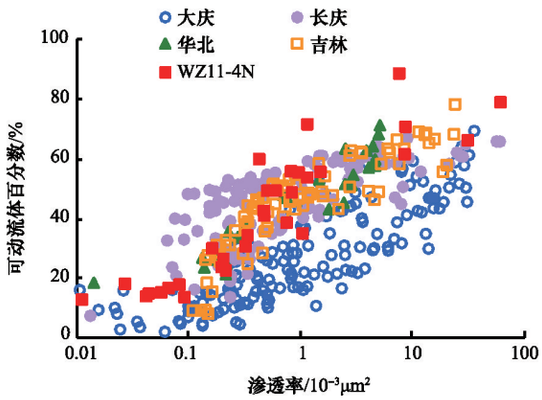

图6 可动流体百分数与渗透率对应关系

Fig. 6 Relationship between the percentage of movable fluid and permeability

由图6可知,涠洲F4油田流沙港组可动流体饱和度较高,相同渗透率下,可动流体饱和度越高,开发潜力相对越大。在渗透率低于1×10^{-3} μm²的超低渗透油藏范围内,涠洲F4油田流沙港组的可动流体百分数为31.5%,低于长庆油田研究区块的39.7%,高于大庆外围研究区块的15.9%,介于长庆油田研究区块和大庆油田研究区块之间。渗透率在1×10^{-3}~10×10^{-3} μm²的特低渗透油藏范围内,涠洲F4油田流沙港组可动流体百分数为52.3%与吉林油田研究区块的54.7%相差较小,低于长庆油田研究区块的55.6%,高于大庆外围研究区

块的30.9%。涠洲F4油田流沙港组开发潜力总体介于长庆油田研究区块和大庆油田研究区块之间。

3　储层两相渗流规律研究

3.1　水驱油核磁共振实验

水驱油核磁共振实验是以常规驱替实验为基础,分别对束缚水状态、饱和油状态、残余油状态以及不同含水阶段进行核磁共振实验,研究油在孔隙中的变化规律[17],测试3块岩心,测试结果见表1。

从表1可以看出,岩心渗透率从59.26×10^{-3} μm²降至0.24×10^{-3} μm²,小于1 μm的喉道中原始油分布比例从7.47%升至30.51%,可动油分布比例从0.57%升至8.21%,因此对于低渗透油藏要充分重视小喉道对可动油的贡献。驱油效率由驱替效率和渗吸效率组成[18],驱替效率指在外加压差作用下,外加压力克服阻力驱替出的原油,渗吸效率[19]是由于毛管力作用,亲水储层自发渗吸流出的原油。渗透率为59.26×10^{-3} μm²的岩心,驱替效率是38.82%,渗吸效率是2.3%;渗透率为0.24×10^{-3} μm²的岩心,驱替效率是28.24%,渗吸效率是11.11%。对于低渗透储层,渗吸效率在驱油效率比重中可达到1/3,因此特/超低渗透储层应重视渗吸效率对驱油效率影响,低渗透油藏建议采用超前注水结合小排量温和注水[20~23]。

表1　不同渗透率岩心可动油分布

Table 1　Movable oil distribution of different permeability cores

岩心编号	渗透率/10^{-3} μm²	原始油分布/%		可动油分布/%		残余油分布/%	
		<1 μm	>1 μm	<1 μm	>1 μm	<1 μm	>1 μm
20-1	59.26	7.47	92.53	0.57	85.38	6.90	7.15
29-2	1.11	20.12	79.88	3.62	65.49	16.50	14.39
28-1	0.24	30.51	69.49	8.21	50.79	22.30	18.70

3.2　油水相渗实验结果分析

油水两相渗流表征了储层中油水两相渗流能力[5]。选取5块岩心进行油水相渗实验,测试结果如表2所示,典型岩心油水相渗曲线图7所示。

从表2可以看出,储层束缚水饱和度平均值36.28%,残余油饱和度平均值25.79%,最终水驱效率平均值59.47%。油水两相共渗区宽度平均值37.93%,等渗点含水饱和度平均值63.14%,残余油状态下最高水相相对渗透率平均值0.1176。

从典型相渗曲线图7可以看出,水驱油过程中油水两相共渗区窄,喉道分布复杂,油水相互作用力较强,典型的亲水储层,原油在喉道中间分布,水在储层表面展布,在喉道中不连续分布表明水驱过程中压力上升明显,水相渗透率低,表明残余油状态下水相流动能力很差,由于绕流、捕集、贾敏效应等原因,残余油对水相流动能力影响很大,有效注水难度大。

表2　5块岩心油水相渗实验结果

Table 2　Experiments of five cores for oil-water relative permeability

样品编号	渗透率/10^{-3} μm²	束缚水饱和度/%	驱油效率/%	残余油饱和度/%	两相共渗区宽度/%	水相最高相对渗透率	等渗点含水饱和度/%
28-1	0.24	33.12	60.32	26.53	40.34	0.0635	65.89
08-1	1.02	38.01	51.26	30.21	31.78	0.0847	55.65
29-2	1.11	38.02	60.14	24.70	37.28	0.1546	62.55
20-1	59.26	36.64	63.48	23.14	40.22	0.0850	71.55
19-2	212.64	35.62	62.16	24.36	40.02	0.2004	60.08

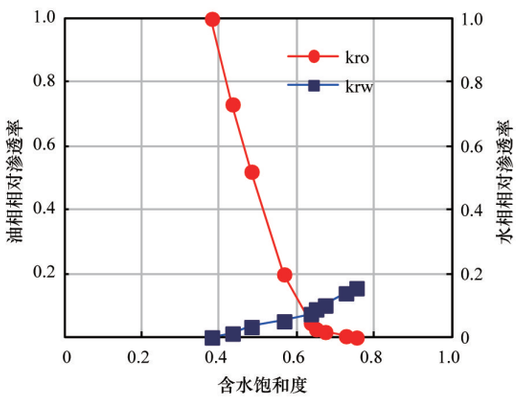

图7 29-2号岩心油水相渗曲线

Fig. 7 Oil-water relative permeability curve for 29-2

3.3 压力曲线与采收率分析

通过表2油水相渗实验结果可知,渗透率从0.24×10^{-3} μm^{2}升至212.64×10^{-3} μm^2,驱油效率的变化只有12%。选取2块不同渗透率级别的岩心,通过油水相渗实验,分析压力梯度、驱油效率和注入体积倍数之间的关系,实验结果如图8所示。

从图8可以得出,不同渗透率岩心,在水驱过程中,压力梯度都是先上升后下降。渗透率1.02×10^{-3} μm^{2}的岩心压力梯度从0.11 MPa·cm^{-1}升至1.37 MPa·cm^{-1},压力梯度变化幅度大;渗透率59.26×10^{-3} μm^{2}的岩心,压力梯度从0.02 MPa·cm^{-1}升至0.07 MPa·cm^{-1},压力梯度变化幅度小。渗透率59.26×10^{-3} μm^{2}的岩心,压力梯度0.06 MPa·cm^{-1}时,驱油效率为50.1%,而渗透率1.02×10^{-3} μm^{2}的岩心,压力梯度达到1.08 MPa·cm^{-1}时,驱油效率为49.1%。因此,渗透率低的岩心水驱压力梯度高于渗透率高的岩心,导致渗透率低的岩心残余油饱和度也较低,驱油效率偏高。对于低渗透储层适当的提高压力梯度,有利于提高驱油效率[24]。

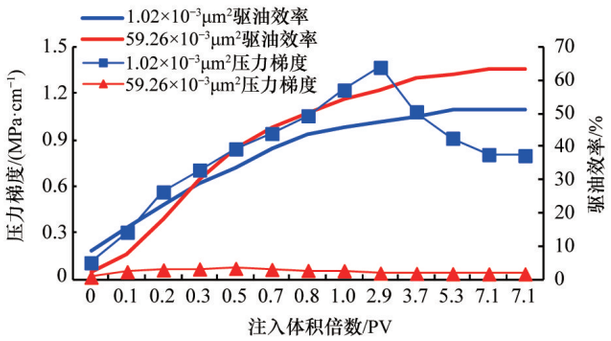

图8 压力梯度、驱油效率与注入体积倍数的关系

Fig. 8 Relationship between the pressure gradient, oil displacement efficiency and injection volume

4 结论

通过对涠洲F4油田流沙港组低渗透油藏储层微观特征和两相渗流机制的研究,得到以下结论:1)涠洲F4油田流沙港组需要技术攻关的储层渗透率为1×10^{-3}~5×10^{-3} μm^2,当渗透率小于2×10^{-3} μm^{2}时,喉道以小于1 μm为主,渗流阻力大,水驱开发难度大;2)通过核磁共振可动流体实验结果表明,涠洲F4油田流沙港组开发潜力好,介于长庆油田研究区块和大庆油田研究区块之间;3)低渗透油藏,前期保持较高地层压力能明显提高驱替效率,残余油状态水相渗透率低于0.2,注水压力高,后期采用小排量温和注水既有利于有效注水,又能保持较高渗吸效率,以此提高储层采收率。

参考文献(References)

[1] 黄延章. 低渗透油藏渗流机理[M]. 北京: 石油工业出版社, 1998.
Huang Yanzhang. Fluid mechanics in low-permeability reservoir[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1998.

[2] 熊生春, 孙军昌, 何英, 等. 低渗透油藏二元复合驱微观机制研究[J]. 科技导报, 2012, 30(35): 20-23.
Xiong Shengchun, Sun Junchang, He Ying, et al. Microscopic mechanism of binary combination flooding in low permeability reservoir [J]. Science & Technology Review, 2012, 30(35): 20-23.

[3] 何顺利, 焦春艳, 王建国, 等. 恒速压汞与常规压汞的异同[J]. 断块油气田, 2011, 18(2): 235-237.
He Shunli, Jiao Chunyan, Wang Jianguo, et al. Discussion on the differences between constant-speed mercury injection and conventional mercury injection techniques[J]. Fault-block Oil & Gas Field, 2011, 18 (2): 235-237.

[4] 杨正明, 张英芝, 郝明强, 等. 低渗透油田储层综合评价方法[J]. 石油学报, 2006, 27(2): 64-67.
Yang Zhengming, Zhang Yingzhi, Hao Mingqiang, et al. Comprehensive evaluation of reservoir in low-permeability oilfields[J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27(2): 64-67.

[5] 杨胜来, 魏俊之. 油层物理学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2007.
Yang Shenglai, Wei Junzhi. Petro-physics[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2007.

[6] 肖立志. 核磁共振成像测井与岩石核磁共振及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
Xiao Lizhi. NMR imaging logging principles and applications[M]. Beijing: Science Press, 1998.

[7] 王为民, 郭和坤, 叶朝辉. 利用核磁共振可动流体评价低渗透油田开发潜力[J]. 石油学报, 2001, 22(6): 40-44.
Wang Weimin, Guo Hekun, Ye Zhaohui. The evaluation of development potential in low permeability oil field by the aid of NMR movable fluid detecting technology[J]. Acta Petrolei Sinica, 2001, 22(6): 40-44.

[8] 肖亮, 肖忠祥. 核磁共振测井$T_{2cutoff}$确定方法及适用性分析[J]. 地球物理学进展, 2008, 23(1): 167-172.
Xiao Liang, Xiao Zhongxiang. Analysis of methods for determining NMR $T_{2cutoff}$ and its applicability[J]. Progress in Geophysics, 2008, 23(1): 167-172.

[9] Yakov V, Wim L. Constructing capillary pressure curvesfrom NMR log data in the presence of hydrocarbons[C]// SPWLA 40th Annual Logging Symposium, Oslo, Norway, May 30-June 3, 1999.

[10] Looyestiji W J. Distinguishing fluid properties and producibility from

NMR logs[C]//Proceeding of the 6th Nordic Symposium on Petrophysics, Trondheim, Norway, May 15-16, 2001.

[11] 何雨丹, 毛志强, 肖立志, 等. 利用核磁共振T_2分布构造毛管压力曲线的新方法[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2005, 35(2): 177-181.
He Yudan, Mao Zhiqiang, Xiao Lizhi, et al. A new method to obtain capillary pressure curve using NMR T_2 distribution[J]. Journal of Jilin Unviersity: Earth Science Edition, 2005, 35(2): 177-181.

[12] Mao Z Q, Kuang L C, Sun Z C, et al. Effects of hydrocar bon on deriving pore structure in formation from NMR T_2 data[C]. 48th Annual Logging Symposium, Austin, Texas, June 3-6, 2007.

[13] 石油测井情报协作组编. 测井新技术应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 1998.
Petroleum Logging Information Collaborative Group. The new logging technology[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1998.

[14] 肖亮译. 利用NMR和密度测井资料改进致密气层孔隙度评价[J]. 测井与射孔, 2007, 10(2): 8-10.
Xiao Liangyi. Improved porosity tight gas reservoir evaluation based on NMR and density logging data[J]. Logging & Perforation, 2007, 10(2): 8-10.

[15] 张玉敏, 申会堂. 核磁共振在石油测井中的应用[J]. 核电子学与探测技术, 2003, 23(1): 83-84, 90.
Zhang Yumin, Shen Huitang. The nuclear magnetic resonance well logging[J]. Nuclear Electronics & Detection Technology, 2003, 23(1): 83-84, 90.

[16] 肖立志. 我国核磁共振测井应用中的若干问题[J]. 测井技术, 2007, 31(5): 401-407.
Xiao Lizhi. Some important issues for NMR logging applications in China[J]. Well Logging Technology, 2007, 31(5): 401-407.

[17] 郭共建, 谷长春. 水驱油孔隙动用规律的核磁共振实验研究[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2005, 20(5): 45-48.
Guo Gongjian, Gu Changchun. Experimental study of active pore distribution during water driving by using NMR[J]. Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition, 2005, 20(5): 45-48.

[18] 杨正明, 李治硕, 王学武, 等. 特低渗透油田相对渗透率曲线测试新方法[J]. 石油学报, 2010, 31(4): 629-632.
Yang Zhengming, Li Zhishuo, Wang Xuewu, et al. A new method for testing relative permeability of ultra-low permeability reservoirs[J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(4): 629-632.

[19] 杨正明, 朱维耀, 陈权, 等. 低渗透裂缝性砂岩油藏渗吸机理及其数学模型[J]. 江汉石油学院学报, 2001, 23(S1): 25-27.
Yang Zhengming, Zhu Weiyao, Chen Quan, et al. Imbibition mechanism of low permeability fractured sandstone reservoir and its mathematical model[J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 2001, 23(S1): 25-27.

[20] 李亮, 胡建国. 超前注水是低渗透油田开发的重要途径[J]. 新疆石油地质, 2001, 6: 232-234.
Li Liang, Hu Jianguo. Advanced water injection is an important way for the development of low permeability oil field[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2001, 6: 232-234.

[21] 李南, 程林松. 超低渗透油藏注水方式研究[J]. 油气地质与采收率, 2012, 19(4): 78-81.
Li Nan, Cheng Linsong. Study on water injection in ultra low permeability reservoir[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2012, 19(4): 78-81.

[22] 王先德, 席继强. 温和注水方式在桑合油田的应用[J]. 断块油气田, 2009, 16(4): 105-108.
Wang Xiande, Xi Jiqiang. Application of moderate injection mode in Sanghe Oilfield[J]. Fault-block Oil & Gas Field, 2009, 16(4): 105-108.

[23] 王学武, 杨正明. 核磁共振研究低渗透砂岩油水两相渗流规律[J]. 科技导报, 2009, 27(15): 56-58.
Wang Xuewu, Yang Zhengming. Experimental study of water-oil two-phase fluid flow in low permeability reservoir by nuclear magnetic resonance[J]. Science & Technology Review, 2009, 27(15): 56-58.

[24] 何文祥, 马清. 特低渗透储层渗流特征和影响因素[J]. 科技导报, 2011, 29(1): 36-39.
He Wenxiang, Ma Qing. Seepage characteristics and influencing factors in ultra-low permeability reservoirs[J]. Science & Technology Review, 2011, 29(1): 36-39.

（责任编辑　刘志远）

·学术动态·

中国科学技术协会

欢迎申办《科技导报》学术沙龙

为搭建高层次的科技交流平台，提升《科技导报》的论文质量和学术影响力，科技导报社2014年将继续主办“《科技导报》学术沙龙”，并组织出版相应专题期刊。

欢迎具有高学术影响力的科学家申办。

物理学、化学、生命科学与生物技术、信息科学与技术、材料科学与技术、能源科学与技术、先进制造与自动化、资源环境科学与技术、空间科学与技术学科领域优先。

详见《科技导报》网站 http://www.kjdb.org。