

特低渗透砂砾岩储层核磁共振可动流体参数分析

李治硕¹, 杨正明², 刘学伟², 姜鹏¹

1. 中国科学院渗流流体力学研究所, 河北廊坊 065007
2. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院, 河北廊坊 065007

摘要 利用核磁共振技术, 对乌里雅斯太油田腾格尔 III 油层组(TIII)及阿尔善油层组 37 块低渗透砂砾岩储层岩样进行可动流体测试, 测试结果与常规砂岩储层进行对比, 分析可动流体百分数与渗透率和驱油效率的关系。研究表明, 特低渗透砂砾岩储层可动流体含量较低, 非均质性强; 特低渗透砂砾岩储层的核磁共振特点与常规特低渗透砂岩储层有所不同, 表现为特低渗透砂砾岩储层核磁共振 T_2 谱单峰结构增多, T_2 截止值增大; 可动流体百分数与渗透率有一定的相关性, 且渗透率越大, 相关性越好; 对于不同油层组, 可动流体平均含量随渗透率增大而增加; 可动流体百分数越大, 驱油效率越高; 可动流体含量低是特低渗透砂砾岩储层开发效果不好的主要因素, 可用可动流体百分数预测储层的开发效果。

关键词 特低渗透砂砾岩; 可动流体百分数; T_2 截止值; 驱油效率

中图分类号 TE311

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)07-0088-03

Analysis of NMR Moveable Fluid Parameters in Ultra-low Permeability Glutenite Reservoir

LI Zhishuo¹, YANG Zhengming², LIU Xuewei², JIANG Peng¹

1. Institute of Porous Flow and Fluid Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Langfang 065007, Hebei Province, China
2. Research Institute of Petroleum Exploitation and Development, China National Petroleum Corporation, Langfang 065007, Hebei Province, China

Abstract The movable fluid testing was carried out in 38 glutenite cores of ultra-low permeability reservoir using nuclear magnetic resonance technique. These cores are from Tenger III and Arxan formations of Uliastai Oilfield. Testing results were compared with cores of general sandstone reservoirs, and the correlations with the percentage parameter of moveable fluid and permeability and oil-displacement efficiency were analyzed. Ultra-low permeability glutenite reservoir is shown to have a low content of moveable fluid and strong heterogeneity. The characteristics of NMR are different in some extent from those of general ultra-low permeability sandstone reservoirs, with more mono peaks and a larger value of cutoff T_2 . The percentage parameter of moveable fluid is related to formation permeability to some degree, and the relation becomes better as the permeability increases. The average content of moveable fluid increases as the permeability increases for different formations. The oil-displacement efficiency becomes higher with increase of the percentage parameter of moveable fluid. Low content of moveable fluid is the major factor which negatively affects the exploitation of ultra-low permeability formation. The percentage parameter of moveable fluid can be used to predict the result of exploitation of ultra-low permeability formation.

Keywords ultra-low permeability glutenite; moveable fluid; percentage parameter of moveable fluid; cutoff T_2 ; oil-displacement efficiency

砂砾岩油藏因非均质性强、含油差异大等, 是石油开发领域的世界性难题, 合理的储层评价是高效开发砂砾岩油藏的重要工作之一。评价常规砂砾岩储层优劣一般采用储层渗透率和孔隙度等物性参数, 但特低渗透砂砾岩储层, 孔隙结构复杂, 喉道微细, 储层中大部分流体受毛管力和黏滞力束缚

而不能流动, 使储层开发难度增大。而只有真正能够参与流动的可动流体才具有开发价值。研究表明, 可动流体百分数是一个优于渗透率和孔隙度的储层评价参数^[1]。本研究以乌里雅斯太油田腾格尔 III 油层组(TIII)及阿尔善组低渗透砂砾岩储层为对象, 利用核磁共振技术对其进行可动流体定量研究,

收稿日期: 2010-01-28

作者简介: 李治硕, 硕士研究生, 研究方向为低渗透油气田开发, 电子信箱: lizhishuo137@163.com; 杨正明 (通信作者), 高级工程师, 研究方向为渗流理论、低渗透油气田开发及三次采油, 电子信箱: yzmhxj@263.com

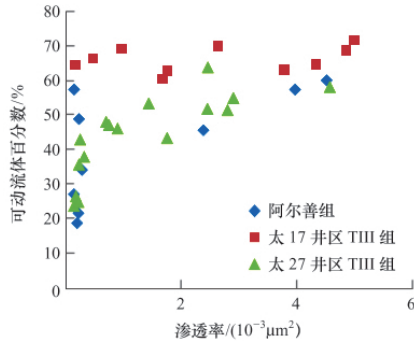


图 2 可动流体百分数与渗透率关系

Fig. 2 The relative curve between the movable fluid percent and the permeability

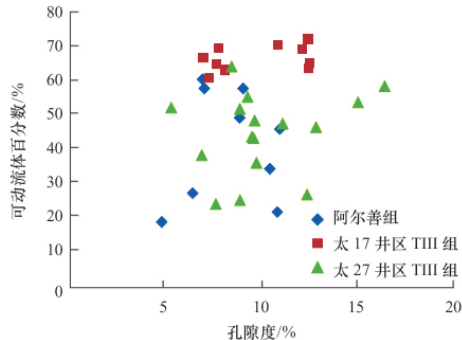


图 3 可动流体百分数与孔隙度关系

Fig. 3 The relative curve between the movable fluid percentage and the porosity

5) 由于核磁共振可动流体测试实验为岩心无损实验,从实验岩样中挑选 5 块岩样,在模拟地层环境下,采用非稳态测量完成水驱油测试,得到岩样的驱油效率。对比驱油效率与渗透率、可动流体百分数关系(图 4、图 5),发现虽然驱油效率与渗透率有一定相关性,但驱油效率与可动流体百分数的相关性更好,其相关系数达到 0.9815,说明岩样的驱油效率受可动流体百分数影响更大,可动流体百分数越大,驱油效率越高。根据测量得到的 3 个油层组平均可动流体百分数,可以预测 3 个油层组开发效果排列顺序为:太 17 井区 TIII 组>太 27 井区 TIII 组>阿尔善组,该预测与现场实际开发情况一致。因此,在实际开发过程中,用可动流体百分数预测储层的开发效果是可行的。

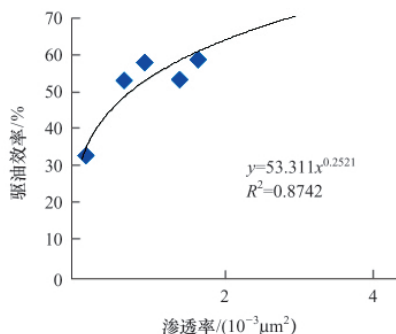


图 4 驱油效率与渗透率关系

Fig. 4 The relationship between the displacement efficiency and permeability

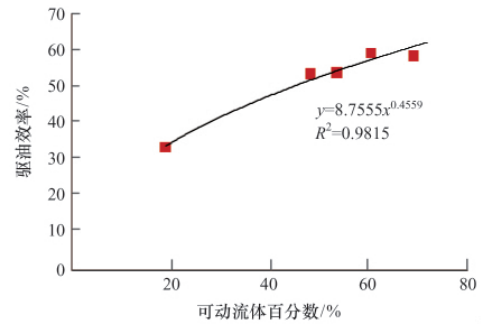


图 5 驱油效率与可动流体百分数关系

Fig. 5 The relationship between the displacement efficiency and movable fluid percent

4 结论

1) 特低渗透砂砾岩储层的核磁共振特点与特低渗透砂砾岩储层不同,具体表现为:特低渗透砂砾岩储层核磁共振 T_2 谱单峰结构增多, T_2 截止值高于特低渗透砂砾岩储层。

2) 特低渗透砂砾岩储层可动流体含量较低,非均质性强。可动流体百分数与渗透率有一定相关性,且渗透率越大,相关性越好;当渗透率 $< 0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 时,随着渗透率减小,可动流体百分数降低很快,当渗透率 $> 0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 时,随着渗透率增大,可动流体百分数增加幅度有所放缓。对于不同油层组,可动流体平均含量随渗透率增大而增加。

3) 可动流体百分数与驱油效率存在很好的相关关系,可动流体百分数越大,驱油效率越高。可动流体含量低是特低渗透砂砾岩储层开发效果不好的主要因素。在实际开发过程中,可用可动流体百分数含量预测储层的开发效果。

参考文献 (References)

- [1] 杨正明, 苗盛, 刘先贵. 特低渗透油藏可动流体百分数参数及其应用[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2007, 22(2): 96-99.
Yang Zhiming, Miao Sheng, Liu Xiangui. *Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition*, 2007, 22(2): 96-99.
- [2] 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 Chaohui. *Acta Petrolei Sinica*, 2001, 22(6): 40-44.
- [3] 杨胜来, 魏俊之. 油层物理学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004.
Yang Shenglai, Wei Junzhi. *Physical properties of petroleum reservoir*[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004.
- [4] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. SYT6490-2007 岩样核磁共振参数实验室测量规范[S]. 北京: 石油工业出版社, 2007.
National Development and Reform Commission. SYT6490-2007 specification for normalization measurement of core NMR parameter in laboratory[S]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2007.
- [5] 李海波. 岩心核磁共振可动流体 T_2 截止值实验研究[D]. 廊坊: 中国科学院渗流流体力学研究所, 2008.
Li Haibo. Core experimental study of NMR T_2 cutoff value [D]. Langfang: Institute of Porous Fluid Mechanics, Chinese Academy of Sciences, 2008.
- [6] 王为民, 叶朝辉, 郭和坤. 陆相储层岩石核磁共振物理特征的实验研究[J]. 波谱学杂志, 2001, 18(2): 113-121.
Wang Weimin, Ye Chaohui, Guo Hekun. *Chinese Journal of Magnetic Resonance*, 2001, 18(2): 113-121.

(责任编辑 刘志远)