

文章编号:1004-1338(2008)01-0022-03

华北某地区低电阻率油层的成因实验研究

赵国建, 于沛洲, 殷 洁, 赵宇芳

(中国石油华北油田勘探开发研究院油气藏评价所, 河北 任丘 062552)

摘要: 低电阻率油层成因和导电机理非常复杂。低电阻率人造和天然样品的油驱岩电对比实验研究表明, 无论是人造纯砂岩还是天然样品, 高束缚水饱和度是产生低电阻率油层的一个重要因素; 而高束缚水饱和度取决于泥质含量(岩性粗细)和岩石孔隙结构。拟合油驱岩电实验和自然伽马测井数据, 建立了由自然伽马相对值计算束缚水饱和度的经验公式。用该成果对华北 Z112 井低电阻率油层进行再次解释, 拟合经验公式求得的束缚水饱和度更准确, 得到的总饱和度与试油结论更吻合。

关键词: 低电阻率油层; 岩电实验; 束缚水饱和度; 泥质含量; 孔隙结构

中图分类号: P631.84; TE135.3 **文献标识码:** A

Experimental Study on Genesis of Low Resistivity Pay Zone

ZHAO Guo-jian, YU Pei-zhou, YIN Jie, ZHAO YU-fang

(Hydrocarbon Reservoir Assessment Department, Exploration and Development Research Institute,
Huabei Oilfield Company, Renqiu, Hebei 062552, China)

Abstract: The low resistivity pay zone has very complicated genesis and conductive mechanism. A comparative electric petrophysical experimental study by oil displacement method on artificial pure sandstone samples and natural samples with low resistivity concluded that no matter what kind of sample is, one of important factors causing low resistivity pay is the high irreducible water saturation which is determined by the shale content and the complication of pore structure in the rock. By fitting data of oil displacing electric petrophysical experiment and GR logging, established is an empirical formula for calculating irreducible water saturation from the relative GR value. Better effect has been obtained in reinterpretation using the experimental results to low resistivity pay of Z112-well of Huabei oilfield, the irreducible water saturation deduced by the regression empirical formula is more accurate, and corresponding total saturation is more accordant with well testing result.

Key words: low resistivity pay zone, electric petrophysical experiment, irreducible water saturation, shale content, pore structure

0 引 言

低电阻率油层是指油层电阻率比该地区或该井正常油层低, 甚至和水层电阻率相近, 在测井解释中难以用常规手段区分的油层。低电阻率油层成因非常复杂, 受岩石类型、岩石颗粒粗细、孔喉大小及几何形状、粘土矿物成份、分布以及地层水矿化度等物理因素和化学因素影响^[1]。

针对华北 WA 和 Z 地区低电阻率油层较多发

生的情况, 通过岩电实验, 对 Z112 井和 WA 地区低电阻率油层的成因和导电机理做了初步实验研究。

1 低电阻率油层分类

1.1 高束缚水饱和度型^[2]

粉砂增多或是粘土矿物填充富集, 导致产层微孔隙明显发育, 形成微孔隙和渗流孔隙 2 种孔隙系统并存, 以微孔隙系统为主的特殊孔隙结构。在这

种喉道半径小,且粘土矿物富集的产层条件下,其束缚水含量明显增大是必然的。因此,这种类型的低电阻率油层实质上是以高束缚水为主要导电网络的油层,普遍具有低含油气饱和度的特征。

1.2 高矿化度地层水型

含泥质不多,产生原因是产层中具有很高矿化度的地层水形成高效率的导电网络,使油、气层电阻率明显降低。

1.3 粒间孔隙与裂缝并存型

一般多发育于孔隙中等偏低(10%~20%)的钙质砂岩地层中,由于含钙量较高,发育一定的裂缝,在钻井过程中有钻井滤液侵入,驱替了裂缝中的油、气,使产层的电阻率明显下降,缩小了与水层的差别,导致解释失误。

2 低电阻率油层岩电实验方法及成因研究

2.1 岩电实验方法

选取 Z112 井和 WA 地区的 W119、122、121 井具有正常油层和低电阻率油层特征的样品和部分人工样品(纯砂岩)。对样品进行实验前处理,然后饱和该井所在地区的地层水,使样品百分之百饱和地层水,利用称重法求出每块样品的孔隙度备用。

将百分之百饱和地层水样品装入夹持器中加围压至上覆岩层压力,测量其百分之百饱和水时电阻率 R_0 ,然后用油驱替样品以改变样品含水饱和度。每驱替 1 次,测量其电阻率 R_t 和对应的含水饱和度,驱替至夹持器出口端只出油不出水时为止。此时的含水饱和度即为该样品束缚水饱和度,所对应的 R_t 即为油层的电阻率。另外,对上述样品进行阳离子交换总量、粒度和 X 衍射等实验分析。

在上述各项实验的基础上,对 Z112 井和 WA 地区的 W199、122 井的天然样品和人工样品(纯砂岩)的油驱实验数据进行分析研究,探索上述地区造成低电阻率油层的主要影响因素和导电机理。

2.2 成因研究

2.2.1 束缚水饱和度对油层电阻率的影响

高束缚水饱和度是造成低电阻率油层的主要因素之一。由油驱岩电实验建立了束缚水饱和度 S_{wi} 与油层电阻率 R_t 之间关系(见图 1)。

纯砂岩(人工样) R_t 随着 S_{wi} 的增大而降低,且降低幅度较大。W119 井同纯砂岩一样, R_t 也呈降低趋势。但 R_t 随 S_{wi} 增大其降低幅度远不及纯砂岩。W122 井 R_t 基本上不随 S_{wi} 的变化而变化。

因此纯砂岩(人工样)可视为正常油层,其 S_{wi} —

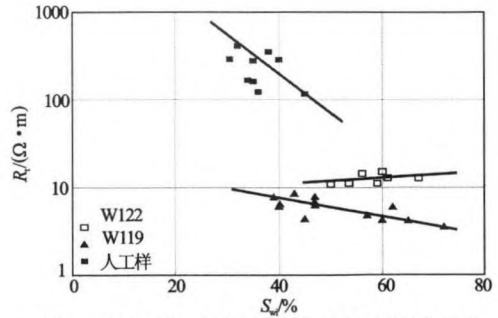


图 1 WA 地区束缚水饱和度与电阻率关系

般都比天然样品偏低,且 S_{wi} 对 R_t 的影响明显存在。但 W122 井 S_{wi} 对 R_t 的影响并不明显。 S_{wi} 是造成油层低电阻率的主要因素,但不是唯一因素,在不同岩性、不同区块或不同井时,其影响程度不尽相同。

图 2 是 Z112 井 R_t 与 S_{wi} 关系图。图 2 中低电阻率样品取自该井 24 号层,经试油证实,该层日产油 21.5 m³,无水,属典型的高束缚水饱和度、低含油饱和度、低电阻率油层。高电阻率油层样品取自 24 号层下部的 29 号层。

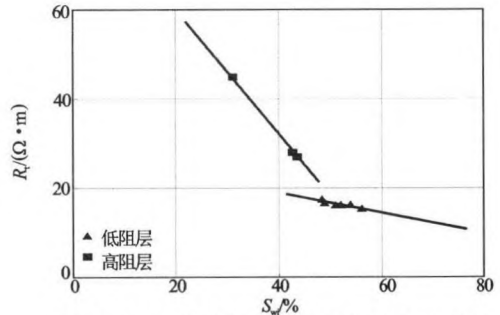


图 2 Z112 井束缚水饱和度与电阻率关系

该低电阻率油层的明显特征是高束缚水饱和度,其束缚水饱和度的最低值都高于正常油层的最大值,且 R_t 随 S_{wi} 的增加其下降幅度与 W119 束缚水饱和度接近。正常油层的 S_{wi} 均低于低电阻率油层,且 R_t 随 S_{wi} 的增加其降低幅度比低电阻率层剧烈。

对于岩性较纯的油层, S_{wi} 普遍较低, S_{wi} 的改变对油层电阻率的影响尤为明显。但当 S_{wi} 高到一定程度时,随着 S_{wi} 的增加,电阻率的下降程度趋于平缓。但电阻率仍表现为低于正常油层。

2.2.2 形成高束缚水饱和度的主要影响因素

高束缚水饱和度在一定条件下可使油层电阻率降低。图 3 为 WA 地区(W119、W122 井) V_{sh} 与 S_{wi} 关系图。从图 3 中可看出,随着岩石细粒成份的增加,束缚水饱和度呈上升趋势。即岩性较细的油层,由于细粒成份的增加,使得岩石的孔喉半径变小,孔喉结构相对复杂,在油驱水的过程中,总有一部分水

由于驱动压力无法克服毛细管力而滞留于岩石微小毛细管孔隙内,还有一部分水被亲水的具有很大比面积的粘土颗粒表面所吸附,以上2种不动水形成了发育的导电网络和高束缚水饱和度,使得油层电阻率降低。

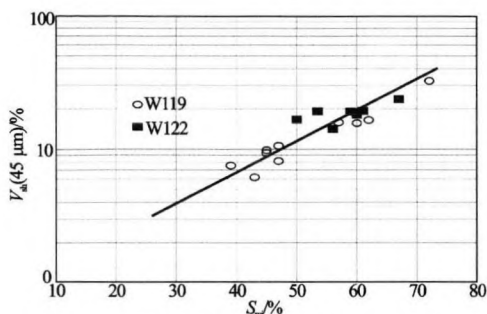


图3 WA地区束缚水饱和度与泥质含量关系

2.2.3 孔隙结构(m值)与束缚水饱和度的关系

图4为Z112井孔隙结构指数m值与束缚水饱和度S_{wi}关系图。由图4看出,低电阻率油层的S_{wi}全部高于正常油层,且随m值的升高而增大。在低电阻率油层,岩石的孔隙结构越复杂,孔隙喉道的曲折度越大,S_{wi}越高,将造成油层R_i的下降。在正常油层,S_{wi}却随m值的增大而下降,其主要原因是由于比正常油层的孔隙结构相对简单造成的。

总之,高束缚水饱和度是造成低电阻率油层的主要因素之一,而产生高束缚水饱和度的基本因素又决定于泥质含量(岩性粗细)和岩石孔隙结构,这2个因素是影响束缚水饱和度S_{wi}的主要因素。

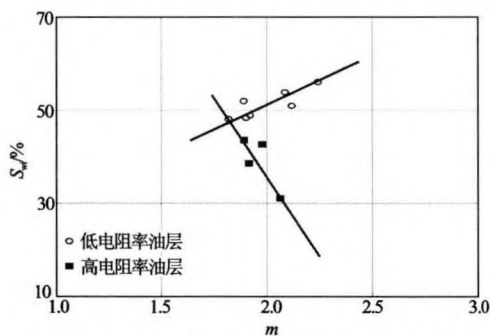


图4 Z112井m值与束缚水饱和度关系

3 应用效果分析

通过实验研究,认识到形成低电阻率油层的根本原因是岩性粗细的变化,而高束缚水饱和度是岩性变化的主要表现形式。在Z112井和WA地区,尽管形成低电阻率油层的根本原因略有不同,但最终都表现为高束缚水饱和度这一共同特征。因此,求准束缚水饱和度,是低电阻率油层解释中十分关

键的问题,为了验证实验研究结论,同时也为了使实验研究成果更好的与生产测井解释相结合,对Z112井的束缚水饱和度确定做了初步应用。

首先,利用Z112井岩电驱实验所得到的束缚水饱和度S_{wi}与测井解释上的自然伽马相对值lg r建立关系(见图5)。利用图5建立计算束缚水饱和度公式,对Z112井低电阻率层24号层和高电阻率油层29号层、30号层的S_{wi}进行了重新计算,在24号低电阻率层,实验公式计算的S_{wi}平均为50.3%,原计算值为32.4%,含油饱和度S_o平均为48%;在29、30号高电阻率油层,实验公式计算的S_{wi}平均为43.1%,原计算值为29.8%,该层含油饱和度S_o平均为59.0%。低、高电阻率油层总饱和度分别为24号低电阻率油层S_{wi}+S_o=98.3%,原计算结果为S_{wi}+S_o=80.4%。29、30号高电阻率油层S_{wi}+S_o=102.1%,原计算结果为S_{wi}+S_o=88.8%。

经试油证实24、29、30号层均为纯油层。所以,从上面的对比结果看出,由油驱岩电实验所建立的求取S_{wi}的公式比原计算公式所计算的束缚水饱和度更为准确、合理,特别在低电阻率层,计算的总饱和度与试油结论非常吻合。

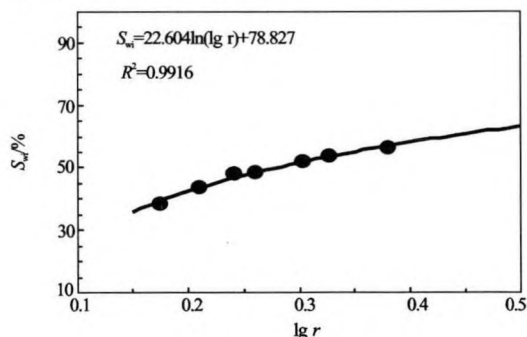


图5 Z112井lg r与S_{wi}关系图

4 结论

(1) 岩电实验研究表明,高束缚水饱和度是所研究区块低电阻率油层的主要特征。

(2) 在低电阻率油层测井解释时,特别要求准束缚水饱和度,以达到较高的解释符合率。

参考文献:

[1] 左银卿,郝以岭,安霞,等.高束缚水饱和度低阻油层测井解释技术[J].西南石油学院学报,2000,22(2):27-31.
 [2] 张善成.低电阻油气层成因探讨及其识别方法[R].1998.

(收稿日期:2007-10-29 本文编辑 王小宁)