

古龙南地区葡萄花油层低阻成因实验研究

宋延杰¹ 陈东霞¹ 闫伟林² 唐晓敏¹ 钟淑敏² 章华兵²

(东北石油大学地球科学学院¹, 大庆 163318; 大庆油田有限责任公司勘探开发研究院², 大庆 163712)

摘要 针对古龙南地区葡萄花油层存在低阻油层和高阻水层致使该区油水层识别难度较大的问题,选取典型的低阻油层和常规油层岩心样品,对岩样进行物性分析、粒度分析以及压汞、核磁共振、X-衍射等实验。采用对比方法,找出古龙南地区葡萄花油层低阻油层和常规油层在岩性、物性、孔隙结构、黏土矿物以及地层水矿化度等特征上差别。从而得出引起古龙南地区葡萄花油层低电阻率的因素主要有三种:①岩性细,含泥重;②黏土附加导电性强;③微孔隙发育、束缚水饱和度高。为古龙南地区葡萄花低阻油层的识别与解释提供了理论基础。

关键词 古龙南地区 低阻油层 常规油层 储层特征对比 低阻油层成因

中图法分类号 TE122.23; 文献标志码 B

古龙南地区葡萄花油层是该区的主产油层,储层物性差,属低孔特低渗储层。该区块属于岩性油藏,区内油水关系复杂,没有统一的油水界面,既有全井段(葡萄花油层组)均为油层或油水同层或水层,又有全井段为油层与油水同层间互或上油下水。从电性特征看,古龙南地区既存在低阻油层又存在高阻水层,且低阻油层分布广泛,储层流体识别难度较大。因此,分析研究古龙南地区葡萄花油层的低阻成因是非常必要的。很多学者已经在低阻成因研究方面做了大量的工作,并取得了较好的成果,认为引起油层低阻的主要内因成因是高矿化度地层水、微孔隙发育形成的高束缚水饱和度、富含黏土的淡水地层的黏土附加导电性、岩石骨架含有导电矿物、薄砂岩地层中含有泥质夹层等,不同地区低阻油层的成因不同,可以为一种成因或多种成因的组合^[1-9]。

本文基于研究区的常规实验(孔隙度、渗透率、粒度)和特殊实验(阳离子交换容量、X衍射、压汞、核磁、干岩样的电阻率)以及录井、水分析等资料,

选取典型的低阻油层和常规油层,通过对比分析低阻油层和常规油层各因素的变化,揭示该区低阻油层成因机理,为建立饱和度模型提供依据。

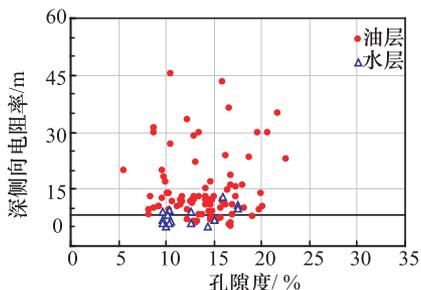


图1 古龙南地区葡萄花油层的油层和水层深侧向电阻率与孔隙度交会图

1 古龙南地区葡萄花低阻油层和常规油层划分标准

低阻油气层系指在同一油水系统内油气层与纯水层的电阻率之比小于2,即油气层的电阻增大率小于2的油气层^[10]。图1为古龙南地区葡萄花油层的油层和水层深侧向电阻率与孔隙度的交会图,其油层的深侧向电阻率为5—50 $\Omega \cdot m$,均值为14 $\Omega \cdot m$;水层的深侧向电阻率为5—15 $\Omega \cdot m$,均

2010年12月2日收到

第一作者简介:宋延杰(1963—),男,黑龙江五常人,教授,博士。
研究方向:测井方法与资料解释。E-mail:syj1963@263.net。

值为 $8 \Omega \cdot m$ 。按照电阻增大率小于 2 的低阻油层定义,将深侧向电阻率小于等于 $15 \Omega \cdot m$ 的油层规定为本区的低阻油层,而将深侧向电阻率大于 $15 \Omega \cdot m$ 的油层规定为本区的常规油层。

2 古龙南地区葡萄花油层低阻油层成因

2.1 低阻油层和常规油层岩性特征对比

图 2 给出了本区 22 口井的低阻油层 337 块样品和 13 口井的常规油层 164 块样品岩性统计结果,从图 2 中可以得出,本区葡萄花油层的储层岩性较细,主要以粉砂岩和泥质粉砂岩为主,为本区低阻油层的发育提供了基础条件。

图 3 和图 4 给出了 11 口井的低阻油层 59 块样品和 9 口井的常规油层 24 块样品的泥质含量和粒度中值的统计对比。从泥质含量的对比结果看,常规油层样品中泥质含量大于 20% 的样品数比例约为 33.3%,而低阻油层样品的样品数比例约为 71.2%,这说明低阻油层的泥质含量明显高于常规油层的泥质含量。从粒度中值的对比结果来看,常规油层样品中粒度中值小于 0.06 mm 的样品数比例约占 62.5%,而低阻油层样品的样品数比例约占 86.4%,这说明低阻油层的粒度中值一般低于常规油层的粒度中值。

图 5 给出了 6 口井 31 块岩样的阳离子交换容量与泥质含量之间的关系,从中可以看出,低阻油层的阳离子交换容量大于常规油层的阳离子交换容量,而且随岩样的泥质含量增大,阳离子交换容量增大,这说明低阻油层的黏土附加导电性强,且黏土附加导电性主要受泥质含量的影响。

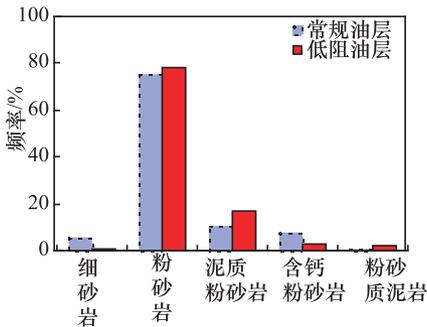


图 2 古龙南地区葡萄花油层低阻油层和常规油层岩性统计对比

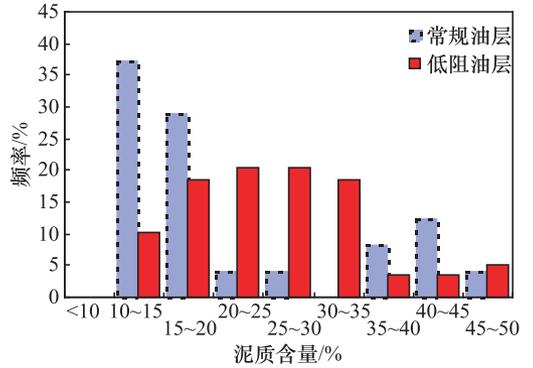


图 3 古龙南地区葡萄花油层低阻油层和常规油层泥质含量统计对比

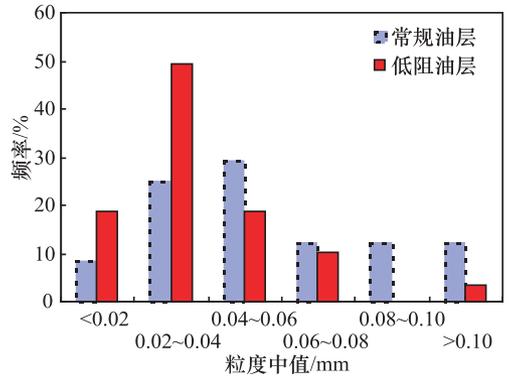


图 4 古龙南地区葡萄花油层低阻油层和常规油层粒度中值统计对比

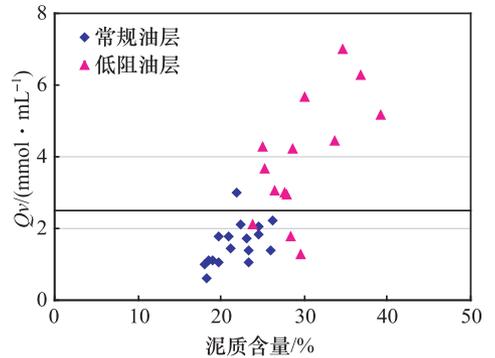


图 5 古龙南地区葡萄花油层阳离子交换容量与泥质含量交会图

综上所述,认为岩性细、泥质重是本区发育低阻的一个重要原因。

2.2 低阻油层和常规油层物性特征对比

对本区 24 口井的低阻油层 305 块样品与 14 口井的常规油层 186 块样品的孔隙度和渗透率进行统计,得出了孔隙度和渗透率的主要分布范围。低阻油层的孔隙度主要分布在 3% ~ 23% 之间,常规油层的孔隙度主要分布在 5% ~ 27% 之间,孔隙度平均值基本相同。低阻油层渗透率的主要范围 0.1 mD ~ 1 mD,小于 1 mD 的样品数比例为 76.7%;而常规油层的渗透率主要范围 0.1 mD ~ 3 mD,小于 1 mD 的样品数比例为 58.6%。低阻油层的渗透率平均值低于常规油层的渗透率平均值。从物性上来看,低阻油层比常规油层稍微差一些。

2.3 低阻油层和常规油层黏土矿物特征对比

黏土矿物从两个方面对电阻率产生影响,一方面不同类型的黏土矿物的阳离子交换容量不同,导致附加导电能力不同。黏土矿物中各矿物成分的阳离子交换量:蒙脱石为 $(80 \sim 150) \times 10^{-5}$ mol/g;伊利石为 $(10 \sim 40) \times 10^{-5}$ mol/g;绿泥石为 $(10 \sim 40) \times 10^{-5}$ mol/g;高岭石为 $(3 \sim 15) \times 10^{-5}$ mol/g。伊蒙混层及伊利石的阳离子交换容量相对较大,因此,伊蒙混层及伊利石相对含量高的储层较易形成低阻油层;另一方面不同类型的黏土矿物在砂岩中存在的形式不同,伊利石、绿泥石和蒙脱石具有孔隙内衬黏土型和孔隙搭桥黏土型,导致束缚水饱和度高。

选取 6 口井的低阻油层 42 块样品与 6 口井的常规油层 21 块样品进行 X-衍射实验。图 6 给出了统计结果,从图 6 中可以看出,与常规油层相比低阻油层中伊利石和伊蒙混层的相对含量从 67.2% 增加到 79.7%;绿泥石的相对含量由 8.0% 增加到 19.9%。因此,本研究区低阻油层的高伊利石及伊蒙混层含量大大降低了储层电阻率,成为产生本区低阻油层的一个重要原因。

2.4 低阻油层导电矿物特征

表 1 为葡萄花油层的 6 块低阻油层样品所测的干岩样电阻率结果的统计表。从表中可以看出,岩样中导电矿物的总含量很小,主要导电矿物为菱铁矿、黄铁矿、磁铁矿和褐铁矿;测量的干岩样电阻率

主要分布范围在 157 700—343 500 $\Omega \cdot m$ 之间,电阻率非常大,可以说明本地区岩石骨架是不导电的,即本区低阻油层不是由骨架含有导电矿物引起的。

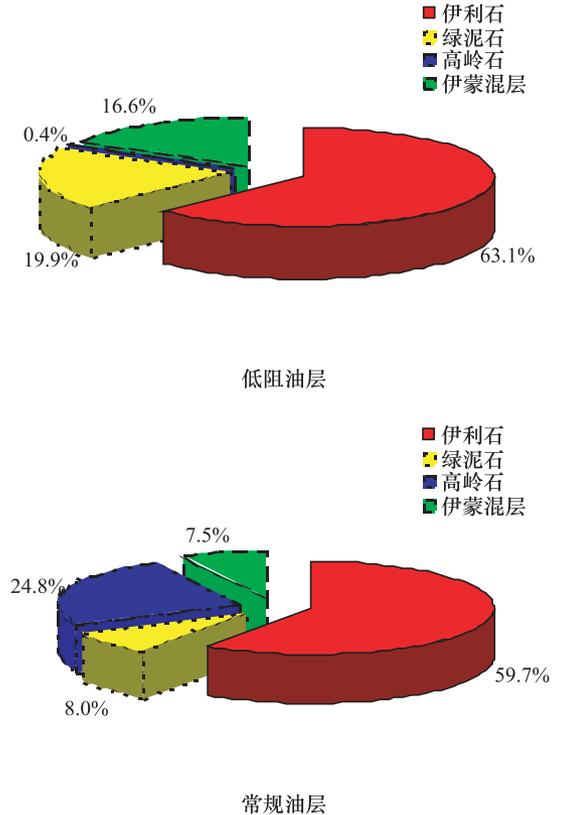


图 6 古龙南地区葡萄花油层低阻油层和常规油层粘土矿物相对含量统计图

表 1 低阻油层的干岩样电阻率值

井名	样号	孔隙度/%	渗透率 /mD	电阻率 /($k\Omega \cdot m$)	导电矿物总量/%
茂 15	5	14.3	0.328	170.316	0.007 65
	4	16.8	0.658	157.7	0.004 17
茂 23	13	16.9	0.699	173.641	0.013 37
	19	14.7	0.272	179.892	0.010 90
敖 18	3	9.6	0.01	341.164	0.001 52
	5	5.5	0.032	343.444	0.053 42

2.5 低阻油层和常规油层孔隙结构特征对比

对 6 口井的低阻油层 31 块样品和 4 口井的常

规油层 28 块样品的压汞实验数据进行统计,图 7 对比分析了低阻油层和常规油层的微孔隙体积百分含量(孔隙半径小于 0.1 μm 的孔隙体积占岩石孔隙体积比),低阻油层的微孔隙体积百分含量大于 32%,而常规油层的微孔隙体积百分含量小于 38%,低阻油层的微孔隙体积百分含量明显高于常规油层的微孔隙体积百分含量。

利用 5 口井的低阻油层 14 块样品以及 3 口井的常规油层 18 块样品的核磁共振实验数据进行对比分析,图 8 和图 9 分别给出了低阻油层和常规油层岩样的 T2 谱分布图,从图中可以看出,低阻油层岩样的 T2 谱一般呈单峰分布,即使有双峰分布,第二峰值也发育特别不明显,并且离心前后 T2 谱波形相差不大,反应微孔隙发育;与低阻油层相比常规油层岩样的 T2 谱一般为双峰分布,且离心前后波形相差较大,离心后可动流体峰的幅值减小很大,表明大孔隙发育。图 10 为常规油层与低阻油层可动流体孔隙与束缚水孔隙之比的对比如,由图可知,低阻油层的可动流体孔隙与束缚水孔隙的比值集中在 0—0.4,而常规油层的可动流体孔隙与束缚水孔隙的比值集中在 0.4—1.2。

由压汞和核磁实验数据分析可知,古龙南地区葡萄花油层的低阻油层微孔隙发育,束缚水饱和度较高。

化度进行统计,得出本区的地层水矿化度变化范围较大,主要集中在 $(9\ 000\text{—}16\ 000) \times 10^{-6}$ (即 ppm),但是低阻油层井与常规油层井不存在明显的差异。因此,高地层水矿化度不是引起本区油层低阻的原因。

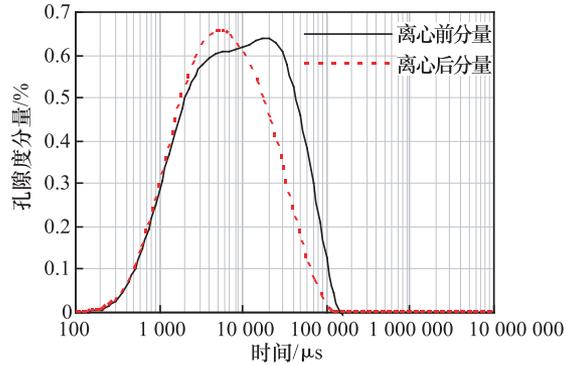


图 8 古龙南地区葡萄花油层低阻油层岩样 T2 谱分布图

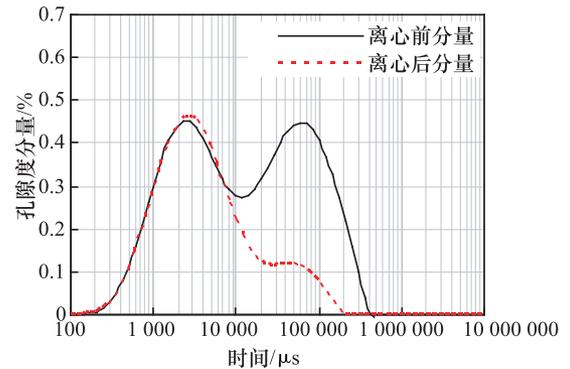


图 9 古龙南地区葡萄花油层常规油层岩样 T2 谱分布图

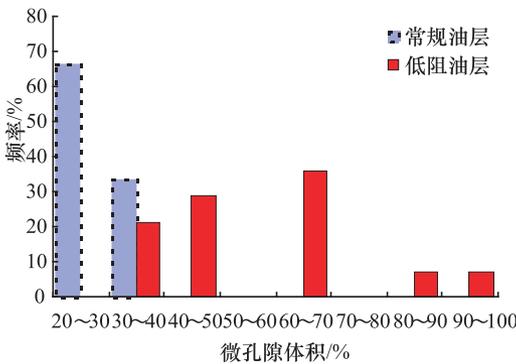


图 7 古龙南地区葡萄花油层微孔隙体积分布对比图

2.6 低阻油层和常规油层地层水矿化度特征对比

在岩性、物性和含油性相同条件下,地层水矿化度升高,地层水电阻率降低,则油层电阻率降低。通过对古龙南地区葡萄花油层 49 口井的地层水矿

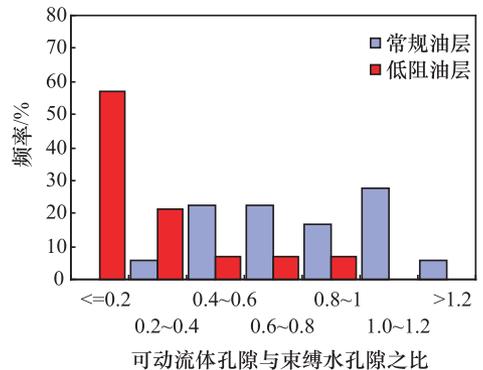


图 10 古龙南地区葡萄花油层常规油层与低阻油层可动流体孔隙与束缚水孔隙之比的对比图

3 结论

利用古龙南地区葡萄花油层的岩样物性分析、粒度分析、压汞、核磁共振、X-衍射以及水分析等实验资料,通过对古龙南地区葡萄花油层低阻油层和常规油层的岩性、物性、微孔隙体积、黏土矿物、地层水矿化度等特征的对比分析,得出岩性细,含泥重,黏土附加导电性强,微孔隙发育、束缚水饱和度高是产生古龙南地区葡萄花低电阻率油层的主要因素,而孔隙度和渗透率以及地层水矿化度变化不是引起该区低阻油层的原因,故在建立古龙南地区葡萄花油层导电模型时应考虑引起油层低阻的主要因素,以提高油水层识别符合率。

参 考 文 献

1 Givens W W. A conductive rock matrix model (CRMM) for the analysis of low-contrast resistivity formations. *The Log Analyst*, March-A-

pril, 1987: 138—164

2 Givens W W, Schmidt E J. A generic electrical conduction model for low-contrast resistivity sandstones. SPWLA 29th Annual Logging Symposium, June 5—8, 1988, Paper E.

3 曾文冲. 低电阻率油气层的类型,成因及评价方法(上). *地球物理测井*,1991;15(1):6—12

4 曾文冲. 低电阻率油气层的类型,成因及评价方法的分析(中). *地球物理测井*,1991;15(2):88—99

5 曾文冲. 低电阻率油气层的类型,成因及评价方法的分析(下). *地球物理测井*,1991;15(3):149—152

6 孙建孟,陈钢花,杨玉征,等. 低阻油气层评价方法. *石油学报*,1998;19(3):83—88

7 毛志强,龚富华,刘昌玉,等. 塔里木盆地油气层低阻成因实验研究 I. *测井技术*,1999;23(4):243—245

8 孙建孟,王克文,朱家俊. 济阳坳陷低电阻率储层电性微观影响因素研究. *石油学报*,2006;27(5):61—65

9 王友净,宋新民,何鲁平. 深层低阻油层的地质成因. *石油学报*,2010;31(3):426—430

10 中国石油勘探与生产公司. 低阻油气藏测井识别评价方法与技术. 北京:石油工业出版社,2006

Experimental Study on the Genesis of Low Resistivity Oil Reservoirs in Putaohua Formation of Southern Golong Area

SONG Yan-jie¹, CHEN Dong-xia¹, YAN Wei-lin², TANG Xiao-min¹, ZHONG Shu-min², ZHANG Hua-bing²

(College of Geoscience, Northeast Petroleum University¹, Daqing 163318, P. R. China;

Daqing oil field company LTD, Exploration and Development Research Institute², Daqing 163712, P. R. China)

[Abstract] Since low resistivity oil reservoirs and high resistivity water reservoirs are present in Putaohua formation of southern Golong area, oil-water formation recognition is difficult. To solve the problem, the genesis of low resistivity oil reservoirs is made clear first. Therefore, typical low resistivity oil reservoir and conventional oil reservoir core samples are taken, and Petrophysical analysis, Particle size analysis, Mercury-injection, NMR and X-diffraction experiments are done for them. The difference in lithology, petrophysics, pore structure, clay minerals, formation water salinity etc. between low resistivity oil reservoirs and conventional oil reservoirs is found out by comparison. It pointed out low resistivity of oil zones in Putaohua formation of southern Golong area is mainly caused by there factors: fine-grained lithology, high shale content; high clay-excess conductivity; more microscopic cappillary pore, high irreducible water saturation. The result will provide theoretical basis for identification and interpretation of low resistivity oil reservoirs in Putaohua formation of southern Golong area.

[Key words] southern Golong area low resistivity oil reservoirs conventional resistivity oil reservoirs comparison of reservoir features genesis of low resistivity Oil reservoir