

现河庄构造地层水变化与油气聚集的关系

赵 昕 郝曙嫣 戴为民 常云杰 韩艳丽

胜利油田测井公司资料解释研究中心,山东 东营 257000

摘要:

在地层水矿化度变化大的地区,地层电性特征易受到地层水的影响,矿化度的差异导致视地层电阻率的变化极为复杂,储集层含油气性不明显,这就给油水层的识别带来较大困难,容易漏失低阻油层。对现河庄构造沙三段地层水变化规律及其成因进行了研究,在单井精细解释的基础上,分析油水层在横向上变化规律。分析结果表明,现河庄构造沙三段的地层水高矿化度区通常是油气聚集的有利场所,其地层水的变化特征能够反映油气的聚集与保存条件。

关键词:

地层水;矿化度;视地层电阻率;低阻油层;油气聚集

文献标识码:B

文章编号:1006-5539(2012)03-0053-04

0 前言

现河庄构造位于东营凹陷中央隆起带西南部,为一个低隆起的背斜。该构造带是由多个局部背斜和鼻状构造组成、被断层复杂化的断裂背斜构造带,处在东营凹陷深洼陷最有利的油气聚集带,油气成藏条件得天独厚。区域内沙河街组地层水矿化度值总体较高,水型变化复杂,特别在沙三段,同一层段往往出现不同水型,矿化度变化较大,储层的解释评价难度较大,容易漏失低阻油层。

1 区域内地层水的特点

现河庄构造带在沙河街组以湖相沉积为主,由于沉积环境不同,使得各层位的地层水化学特征差异较大,区域内各层段以氯化钙水型为主,地层水矿化度数值从 7 108~336 411 mg/L,总体上呈现随深度增加,矿化度增大的规律,见图 1。

现河庄构造沙三段受河 4、河 125 大断层切割,形

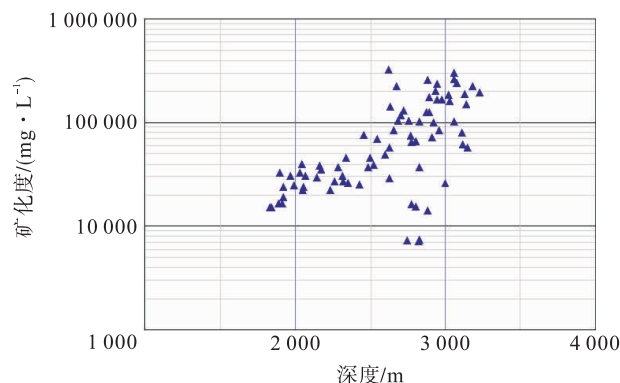


图 1 现河庄构造沙河街组储层地层水矿化度—深度交汇图

成断裂鼻状构造带,东高西低,各类蚀积扇体平面上叠合成片,垂向上相互叠置,构成了东营凹陷岩性油藏勘探的重要目标。通过对区域内取芯井分析资料研究发现,沙三段岩性变化范围大,粉砂岩~含砾砂岩都有出现,储层孔隙度在 21 %左右。区域内沙三段地层水矿化度数值表现较宽范围为 7 108~324 526 mg/L,

收稿日期:

2011-12-09

作者简介:

赵 昕(1973-),男,黑龙江望奎县人,工程师,学士,主要从事油气勘探研究工作。

随着深度增加矿化度增大的规律不明显,见图2。沙三段储层的水型以 CaCl_2 和 NaHCO_3 水型为主,碳酸氢钠水型的矿化度呈现相对低值,平均值为 $11\,574\text{ mg/L}$;氯化钙水型的矿化度则呈现相对高值,平均值为 $144\,750\text{ mg/L}$ [1]。

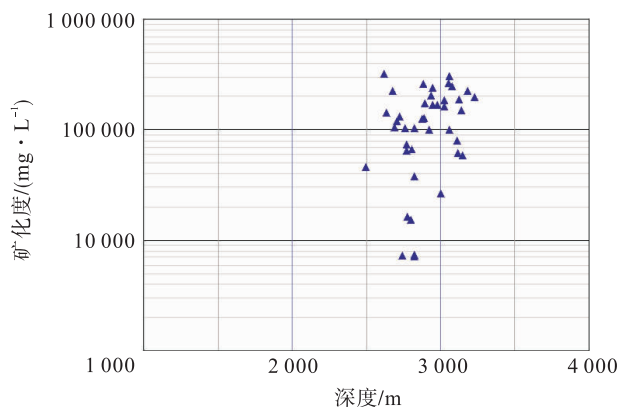


图2 现河庄构造沙三段储层地层水矿化度—深度交汇图

2 地层水格局成因分析

现河庄构造沙三段是在断陷作用强烈、气候湿润、物源供给较充分的条件下沉积的。初始沉积时,沉积物捕获的是正常海水 (35 g/L) 或湖水 ($<1\text{ g/L}$), 地层水的矿化度较小。储层中的地层水,静止只是相对的,流动是绝对的。沉积物在沉积后,包括地层水在内的盆地流体又经历了大规模的垂向运移和侧向运移 [2-3]。

渐新世末期发生的“东营运动”使东营凹陷整体抬升,在东营组之上形成一个广泛的不整合面,使东营组到沙三段的地层受大气降水的深入而淡化。东营组沉积后,由于“东营运动”的影响,发生区域性拗陷,使古近系地层进入埋藏封闭作用期,此时,地层水的活动主要体现在水岩作用中的离子交换、半透膜的渗透作用和不同盐度地层水的混合作用上。随着上覆地层的不断沉积,古近系地层载荷增大,压实作用增强,加上“东营运动”产生的断层沟通,促进了各种地层水活动的进行,地层内流体又经历了大规模的侧向运移,从而在沙三段形成了部分矿化度比较低的 NaHCO_3 水型。

同时,“东营运动”产生了大量张性正断层,形成良好的运移通道,沟通了沙四、沙三中下段封闭性超压水动力系统和上部的开放性静水常压系统,使得沙四段盐湖中形成的高矿化度盐卤水运移到浅层,与上覆地层水发生混合,导致上部地层中的地层水矿化度升高,在沙三段中形成了部分较高矿化度的 CaCl_2 水型 [4-5]。

伴随着一系列地质运动,地层水的横、纵向运移

从来没有停止过。经过多期次的改变,形成如今复杂的地层水分布格局。

3 地层水变化与油气聚集的关系

作为地层流体性质的重要指标,地层水矿化度可以用来确定有利储层。然而在地层水矿化度变化大的地区,电性特征易受到地层水的影响,反映储集层含油气性不明显,识别油气层的难度明显增大。

现河庄构造沙三段在同一层段往往出现不同水型,矿化度变化较大。不同矿化度地层水的存在导致视地层电阻率的变化极为复杂,应用常规测井解释方法难以判别,容易漏失低阻油层。必须对测井信息进行定性、定量分析,结合核磁测井、高频等参数感应、阵列感应和地层测试等新测井技术,并根据非测井信息(包括构造、地质录井、取心、气测、邻井测试等资料),实现对储层的精细评价。在单井精细解释的基础上,开展多井的综合分析对比,研究油水层在横向上的变化规律,开展对低电阻率油层的综合研究和区块评价,建立起储层地质参数与测井响应之间的关系。

根据现河庄构造在沙三段地层水矿化度的变化范围,分别对矿化度数值进行标定,根据标定的矿化度数值换算,得到相应的地层水电阻率,再根据阿尔奇公式计算与地层水电阻率数值对应的地层真电阻率数值,建立沙三段水层矿化度—电阻率对应关系,见图3。

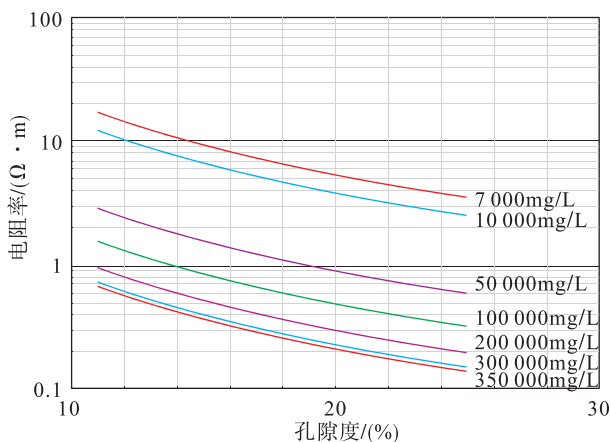


图3 现河庄构造沙三段水层矿化度—电阻率对应关系图

图3直观反映了随地层水矿化度的变化,标准水层真电阻率的变化范围。现河庄构造沙三段埋深约 $2\,800\text{ m}$,标准水层的孔隙度为 21% ,由图3得到标准水层真电阻率,见表1。

根据表1的计算结果,区域内的地层水矿化度在 $7\,000\sim 300\,000\text{ mg/L}$ 变化时,标准水层真电阻率从

表1 现河庄构造沙三段标准水层真电阻率计算表

地层水矿化度/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	地层水电阻率/ ($\Omega\cdot\text{m}$)	标准水层真电阻率/ ($\Omega\cdot\text{m}$)
7 000	0.29	4.87
10 000	0.208	3.49
50 000	0.048	0.81
100 000	0.027	0.45
200 000	0.016	0.27
250 000	0.014	0.23
300 000	0.012	0.21

4.87 $\Omega\cdot\text{m}$ 降至 0.21 $\Omega\cdot\text{m}$ 。地层水电阻率是确定储层含油饱和度的一个关键参数,根据自然电位测井数据与地层水矿化度之间的关系,在自然电位层厚、泥质、温度及油气影响校正的基础上,较为精确地确定地层水电阻率,然后根据该参数求准地层总含水饱和度和

束缚水饱和度。在高矿化度井区,油层电阻率绝对值低,但明显高于标准水层电阻率,其电阻率增大率一般大于 3。在储层岩性、物性、地层水矿化度相同或相似的情况下,随着含水饱和度的增加,储层的电阻率随之降低^[6-7]。

河 163 井的 2 824~2 829 m 井段,录井为油斑粉砂岩,自然电位曲线负异常不明显,深感应电阻率数值约 8 $\Omega\cdot\text{m}$,与冲洗带电阻率呈减阻侵入特征,在标准刻度下三孔隙度曲线在本层下部基本重合,反映储层物性较好。本井试油产油量为 4.15 t/d,地层水矿化度为 7 108 mg/L,水型 NaHCO_3 ,见图 4。现河庄构造沙三段储层中部分低矿化度水型的存在,使得区域内分布有高阻油层区块。现河庄构造北部的河 160 井区和东部的河 168 井区,沙三段岩性主要为粉砂岩和细砂岩,油层电阻率高,大于 6 $\Omega\cdot\text{m}$,地层水矿化度低,水型 NaHCO_3 ,属于高阻油层区。

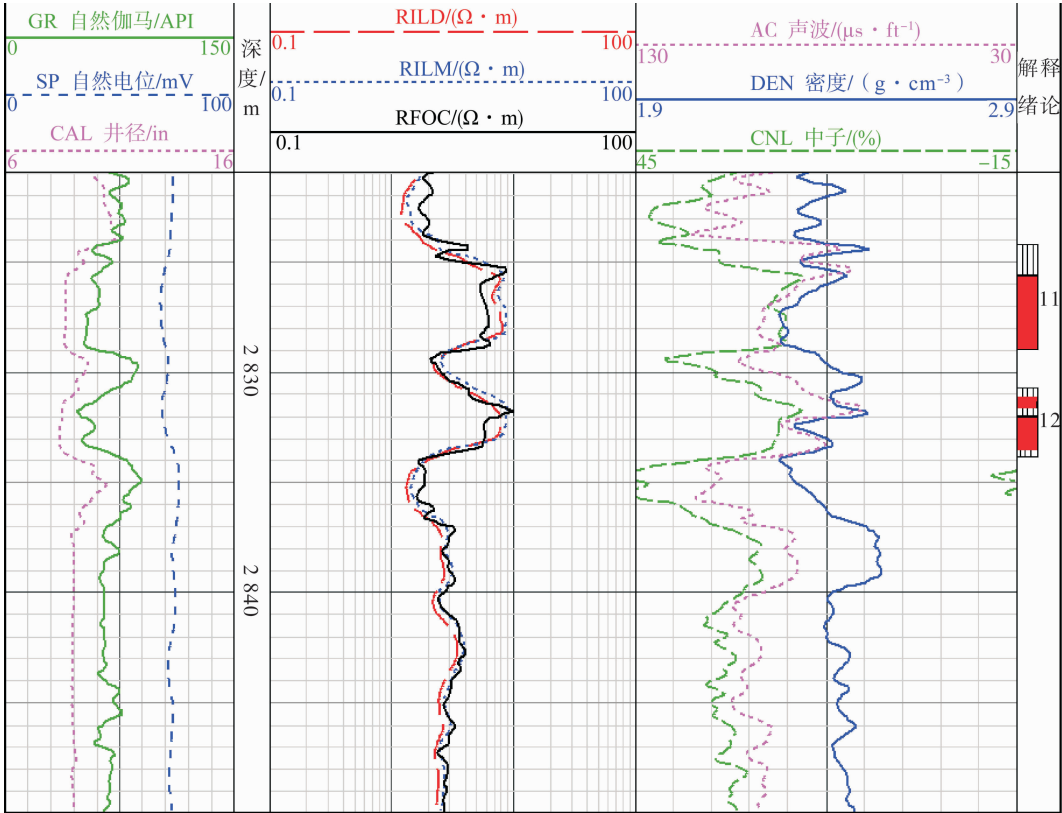


图 4 河 163 井测井曲线图

当地层水矿化度较高时,含盐量较高的水分布在储层岩石孔隙中,形成了比较发达的导电网络,促使油层电阻率明显降低。河 4—64 井的 2 649~2 658 m 井段,井壁取芯油斑粉砂岩、含砾砂岩,电阻率 0.66~1.02 $\Omega\cdot\text{m}$,稍高于底部水层电阻率(水层 0.35 $\Omega\cdot\text{m}$),孔隙度 23 %。本井 2 649~2 652 m 井段试油,日产油

23 t,地层水矿化度为 98 000 mg/L,水型 CaCl_2 ,为典型的低阻油层,见图 5。现河庄构造沙三段低阻油层的情况较普遍,横向分布范围广,区域内的低阻油气层主要集中在分布于断层的交错部位。

根据现河庄构造沙三段储层地层水矿化度等值线图,区域内地层水高矿化度区明显沿断层展布,见

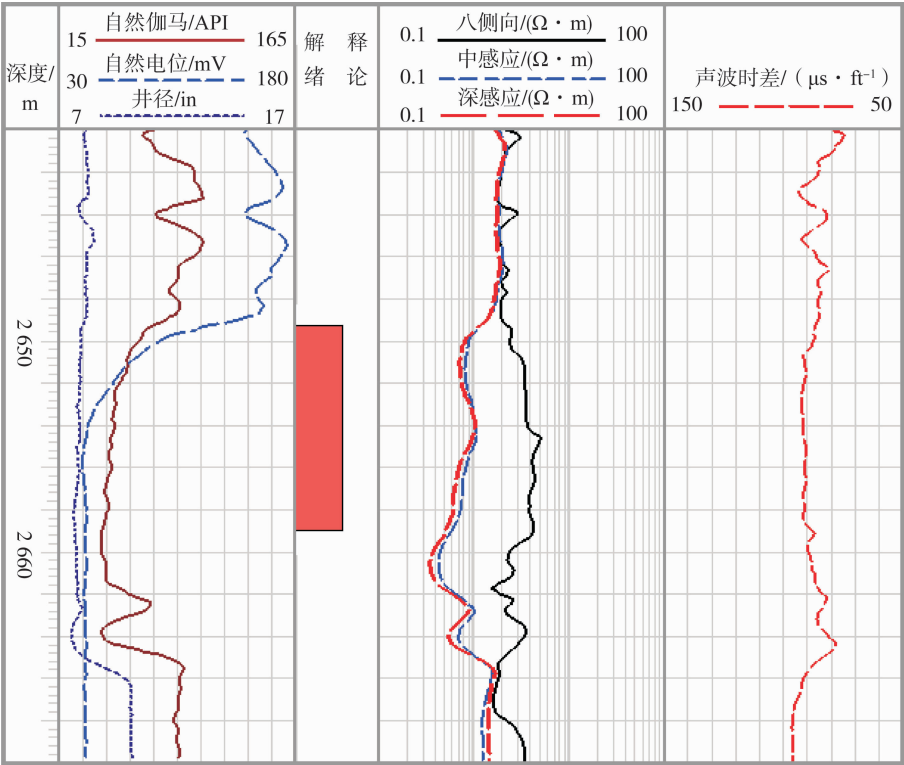


图 5 河 4-64 井测井曲线图

图 6。此规律一方面指明了流体流动的方向,另一方面也说明断裂作为油气运移通道的可能性。“东营运动”产生的大量张性正断层成为良好的运移通道,伴随着沙四段高矿化度盐卤水的运移,下部生油岩系早期生成的烃类和伴生的 CO₂ 气体等物质也同时向上运移。

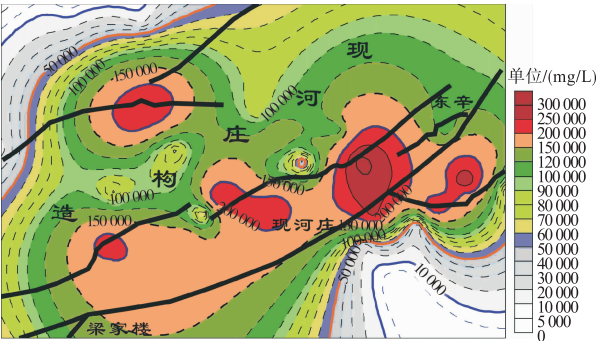


图 6 现河庄构造沙三段储层地层水矿化度等值线图

在现河庄构造沙三段,同样位于断层附近且相邻最近的井地层水矿化度变化却较大,说明良好的封闭条件更容易形成高矿化度地层水,这种封闭条件应该与油气层的圈闭有极大的相似性。因此,在断裂带附近的储层具有相对封闭的流体动力环境,有利于油气的聚集和保存,下部生油层生成的油气必然伴随着地层水一起沿断裂带向上运移,在沙三段的砂体聚集成藏。所以,现河庄构造沙三段的地层水高矿化度区通常

是油气聚集的有利场所。

4 结论

综上所述,在油气运移聚集和后期保存过程中,都有地层水的参与,地层水的变化特征往往反映油气的聚集、保存条件。现河庄构造沙三段的地层水高矿化度区通常是油气聚集的有利场所。

参考文献:

[1] 钱诗友,曾溅辉. 东营凹陷沙河街组地层水化学特征及其石油地质意义[J]. 天然气地球科学,2009,4(20):603-609.
[2] 王居峰. 济阳坳陷东营凹陷古近系沙河街组沉积相[J]. 古地理学报,2005,7(1):45-58.
[3] 陈中红,查明,刘太勋. 东营凹陷古近系古湖盆演化与水化学场响应[J]. 湖泊科学,2008,20(6):705-714.
[4] 楼章华,朱蓉,金爱民,等. 东营凹陷地下水动力场的形成与演化[J]. 地质科学,2003,38(1):85-96.
[5] 王伟,纪友亮,张善文,等. 胜利油区古近系地层水性质对储层物性的影响[J]. 高校地质学报,2007,13(4):714-721.
[6] 雍世和,张超谟. 测井数据处理与综合解释[M]. 北京:石油工业出版社,1996,98-151.
[7] 何文祥,杨乐,刘逸. 水驱前后储层渗流单元变化特征研究[J]. 天然气与石油,2011,29(2):54-57.