

文章编号: 1009-6248(2003) 03-0080-05

水洗油层的分析与评价

迟 静

(延长油矿管理局永宁钻采公司, 陕西 志丹 717500)

摘要: 众所周知, 三叠系长 2 油层在鄂尔多斯盆地广泛存在, 层内具有工业油流, 且含有不同程度的水。志丹县周河乡钻遇的长 2 油层却与其他地区的长 2 油层有一个很大的差异, 即化探好、取心好、解释好、出油差(几乎未见油)。对于这样一批砂体分布广泛, 有效厚度大的油井, 为何会出现“三好一差”的现象, 笔者作了分析与评价。

关键词: 勘探; 水洗油层; 矿化度; 水型

中图分类号: p618 文献标识码: A

1 典型的“油层”现象

(岩屑)

1.1 化学勘探显示为油气富集区

依据“三普”1994 年油气化探综合评价成果^①, 结合长 2 岩相古地理图^[1], 通过研究油气聚集特点及其与近地表有机化场的内在联系, 预测出周河乡是一个富油区, 面积约 10 km²。优先在 I 级油气富集区块(孙岔—卧马渠)布钻, 作为捕捉油气最为有利的手段, 是切实可行的。2000 年在这里施工完钻了周 5 井、周 8 井、周 16 井等 9 口油井。

1.2 取心显示较好

这批油井依照设计, 在钻遇长 2 地层时多数井取了岩心, 且取心率在 90% 以上。现就其中 3 口油井长 2 油层岩屑录井和取心情况描述如下:

周 5 井:

1 198.29 ~ 1 199.75= 1.46 m 斑状含油浅灰色细砂岩

1 200.25 ~ 1 200.69= 0.44 m 斑状含油浅灰色细砂岩

1 202.0 ~ 1 208.0= 6.0 m 斑状含油浅灰色细砂岩

1 212.0 ~ 1 217.0= 5.0 m 斑状含油浅灰色细砂岩

周 8 井:

1 240.0 ~ 1 251.6= 11.6 m 微含油浅灰色细砂岩(岩屑)

周 16 井:

1 221.0 ~ 1 224.0= 3.0 m 微含油浅灰色细砂岩(岩屑)

1 224.0 ~ 1 225.2= 1.2 m 不均匀含油浅灰色细到中砂岩

1 229.41 ~ 1 232.20= 2.79 m 斑状含油浅灰色细到中砂岩

1 232.27 ~ 1 243= 10.73 m 斑状含油浅灰色细砂岩(岩屑)

总体看来, 岩屑录井与取心显示都比较好, 基本上以斑状含油为主, 粒度为细到中砂岩, 显示了储集层具有一定的含油性能。

1.3 物性分析报告

对岩心数据的分析研究, 特别如残余油、残余水含量的分析, 能用来解释油、气、水可能的产量, 可以深入了解油藏特性和油井出油时的异常反应。从出筒的岩心中及时采取了岩样, 密封蜡浸、深度归位后及时送化验室, 但还是有一部分流体(油、

收稿日期: 2002-06-10; 修回日期: 2003-03-05

作者简介: 迟静(1966-), 男, 工程师, 1989 年毕业于延安大学物理学专业, 从事油田测井解释、开发研究工作。

① 陈亚平, 等. 志丹区域化探报告. 1994.

气、水)挥发较快,化验出具的报告中 $S_o + S_w$ 之和远小于 100%(表 1)。

表 1 物性分析数据表

Tab.1 The physic feature analysis data

井号	层位	深度 (m)	S_o (%)	S_w (%)	ϕ (%)	K ($\times 10^{-3}$ μm^2)	r (g/cm^3)
周 5	长 2	1 198.19 ~ 1 198.29	9.9	12.4	15.7	3.6	2.2
		1 199.60 ~ 1 199.70	9.4	12.1	15.8	3.6	2.2
周 16	长 2	1 224.17 ~ 1 224.27	24.2	8.6	17.0	6.8	2.2
		1 230.76 ~ 1 230.86	5.5	20.9	14.1	9.0	2.2
		1 231.85 ~ 1 231.95	3.5	18.6	15.8	4.0	2.2

其中,周 8 井在长 2 段未取心,其余的油井在长 2 段取心化验结果与表内数据接近,孔隙度、渗透性较好。一般情况下:纯砂岩中原油饱和度介于 4% ~ 7% 时^[2],对凝析油来说太高而对残余油来说则太低。因此,这样的岩样所在砂层通常产水。

1.4 测井解释

从测井曲线图中显示的测井信息来看(图 1 ~ 3):如同理论上讲的那样,属于典型油层。由于属探井,故没有其他邻近油井和更多的资料参考,按照录井取心描述,这些井段当时被解释为油层或油水同层(表 2)。

总之,测井质量良好,各油井曲线质量可靠,能清楚的反映地层真实状况。各井的横向测井系列显示也较为清楚(表 3)。本地区长 2 地层较老,埋藏较深,成岩作用强,砂体多以钙质胶结为主,声波时差在 235 ~ 250 $\mu\text{s}/\text{m}$,孔隙度较小,变化不明显。

1.5 断层和裂缝情况

本区岩心常见平行于岩心棒的裂缝,裂缝严重时,岩心已成两半,也有垂直裂缝等;钻井过程中,断层引发的井漏,严重时一周左右才能堵住。当固井过程再次发生井漏时,因固井水泥浆密度远大于钻井泥浆密度,为了确保固井质量,采取双级固井或降低水泥上返高度。该区裂缝较为发育,少数测

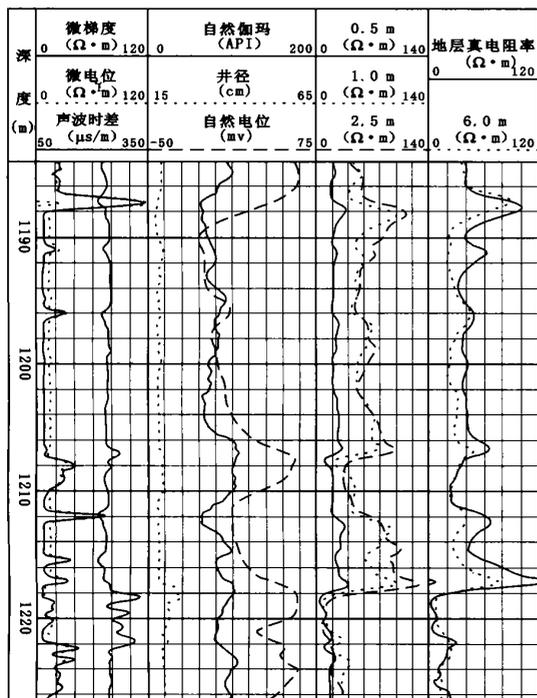


图 1 周 5 井综合测井曲线

Fig. 1 The integration log plot of Zhou5 hole

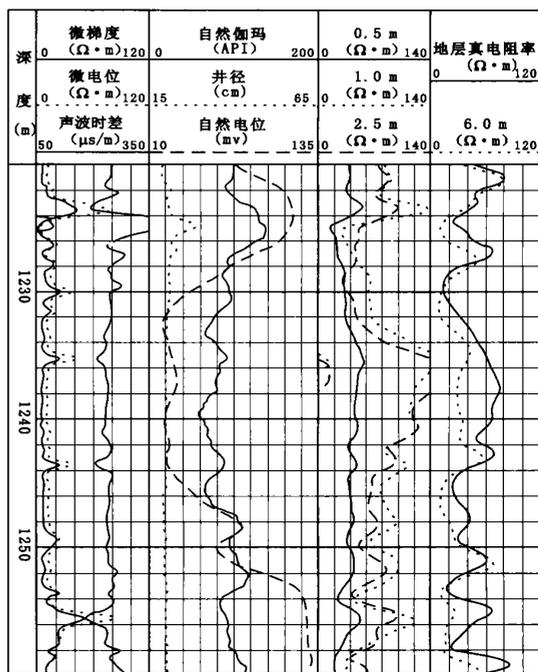


图 2 周 8 井综合测井曲线

Fig. 2 The integration log plot of Zhou8 hole

表2 测井解释成果表

Tab. 2 Effort data of log interpretation

项目 井号	井段	R_i (Ωm)	R_t (Ωm)	ϕ (%)	S_d (%)	射孔段
周5井	1 187.6 ~ 1 206.6 = 19.0	58	32	16.2	42.2	1 190.0 ~ 1 193.0 = 3.0
	1 210.0 ~ 1 217.0 = 7.0	64	40	13.0	35.6	1 210.0 ~ 1 213.0 = 3.0
周8井	1 228.0 ~ 1 248.0 = 20.0	100	42	13.9	41.3	1 230.0 ~ 1 234.0 = 4.0
周16井	1 210.0 ~ 1 226.0 = 16.0	70	42	15.5	45.4	1 213.0 ~ 1 218.0 = 5.0
	1 231.0 ~ 1 240.0 = 9.0	68	38	15.9	44.1	1 231.0 ~ 1 235.0 = 4.0

表3 横向测井系列数据表

Tab. 3 The testing data of cross log

井号 \ 曲线	0.45 m	1.0 m	2.5 m	4.0 m	6.0 m
周8	46	120	120	62	52
周5	22	56	60	40	28
	30	70	84	50	32
周16	26	66	72	48	32
	32	80	84	56	30

表4 试油结果表

Tab. 4 Formation testing result data

井号	固井质量	压裂加砂 (m^3)	累计生产时间 (h)	总液量 (m^3)	产油 (t)	产水 (m^3)
周5	合格	8	1 270	758	0.612	757.2
周8	良好	3	488	309	3.29	305.1
周16	良好	5	546	261.4	0	261.4

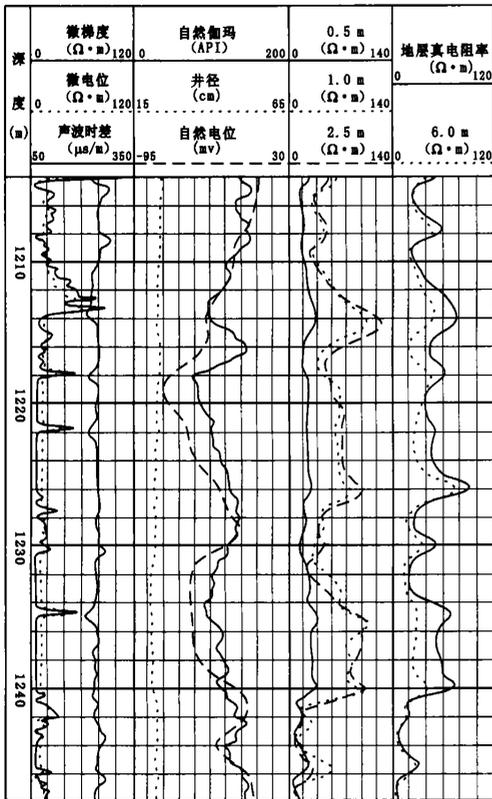


图3 周16井综合测井曲线

Fig. 3 The integration log plot of Zhou 16 hole

井曲线上有裂缝显示, 被解释为三级裂缝。

1.6 试油结果

3口井几乎未见油(表4), 甚至连生产井口和抽油杆都生锈了, 曾怀疑是套管损坏, 造成其他层位的水渗漏, 采取了几次修井, 前后多次坐上下封隔器求产, 依然是只出水不出油。实际上套管试压良好, 不存在窜层。于是, 只好从其他方面找原因。

2 水洗油层的分析

2.1 化探、取心及测井解释分析

化学勘探是针对一个新区块所作的前期辅助性勘探工作, 对各储集层进行油苗捕捉。当储集层的盖层封闭不够好时, 便形成边缘晕圈的复合环状模式, 油气将沿着存在岩性疏松, 且有较好孔隙的捷径向四周扩散, 化探找到的异常区域可能已是油气储藏区的边缘晕圈, 从化探技术进步与验证情况看, 原来应用的紫外吸收光谱法, 热释汞法等已被淘汰, 况且大范围的普查, 采样点又稀少, 虽然在训练区, 如双25井、塞121井等较好的吻合实际, 但经实际钻井验证, 化探只有50%的可靠性。

取心是对地层最直观的反应, 可以直接了解岩性、含油性、物性等情况。一般情况下, 本区凡定级描述为斑状-不均匀含油的细到中砂岩油层, 基本上都可以出油, 有的甚至高产。但是, 有些因氧化

较为严重,已成沥青质状稠油,原油在运移过程中留下的稠油痕迹,给人造成均有可能显示出较好含油性的错觉,实际上这些油层是不会出油的。

测井解释是依据各个不同曲线反映出不同的地层信息,计算相关参数,提供有效厚度,并参考取心与录井状况,确定解释结论,最终提供解释报告,为选择射孔段打好基础。解释的程序是根据曲线信息参照邻近区域的解释参数,逐步确立该区块的解释参数和公式。典型的油层是减阻入侵(即低侵),水层为增阻入侵(即高侵)^[3],但是有的区域却恰恰相反,若面对的是复杂的砂泥岩地层剖面,既有高阻油层也有低阻油层,电阻增大率忽大忽小,这使得解释工作困难重重。

2.2 水洗过程及成因

一般认为,油气储集层的沉积岩体主要是在水盆地中形成的^[1]。因此,沉积岩的孔隙空间被水所充满,油气藏形成的过程是油气把水从孔隙介质中驱替的过程,由于油气水的润湿性不同,以及受重力和毛管压力的作用和影响,运移进去的油气不可能将孔隙中的水全排出,所剩部分即为束缚水;反过来,水同样可运移驱替油层孔隙中的原油,这些水来自上部或压力饱满的浅水层,在有断层和裂缝的前提下,浅层水向下渗透形成自然注水,就像人工注水一样,淋滤冲洗油层,则岩层内所含的水就不是原生地层水,这种地层水的矿化度普遍较低。真正的原生地层水是经过高温作用,长期溶解岩层内易溶盐类矿物而形成的。它的成分较为复杂,水的矿化度普遍较高。从岩心的描述与水洗岩心的特征判别,7项指标大部分相吻合:如浅灰色细砂岩、油味较浓、微污手、滴水试验为缓渗、粒间少见油珠、颗粒表面见油膜、且有微细裂缝。只是钙质胶结不够疏松,基本上介于弱至中水洗油层之间。

2.3 油田地层水

油气藏形成时,地层水起着重要的作用。油气藏要保存下来,则要求有一个水文地质封闭相对好的环境。通常将地层水划分为4类^[2]:即NaHCO₃、CaCl₂、MgCl₂和Na₂SO₄型,地层水主要为NaHCO₃和CaCl₂两种水型,地表水则多半为Na₂SO₄水型。硬水即为CaCl₂水型,常含有大量的Na⁺、Ca⁺⁺、Mg⁺⁺和Cl⁻等,它不同于油层外来水,称之与油共存水,含有环烷酸盐类、碘、溴等,可用来分析天然水驱油的洗油能力,判断边水流向、断块的连通性

等。从长庆油田延安组下部统计看,一般矿化度在 5.1813×10^{-2} 以上时,水型为CaCl₂。当受到地表水与地下淡水的淋滤混合作用时,矿化度降低,但边缘水推进使矿化度降低的可能性很小。

随着矿化度的升高,促使水型由上部Na₂SO₄和NaHCO₃向下部的MgCl₂、CaCl₂型转变。

随着深度的增加NaCl逐渐被CaCl₂所代替。

2.4 矿化度、水型与酸碱度的变化

矿化度是计算束缚水饱和度,评价油水层计算储量及研究油藏的一个重要参数。从本地区综合分析矿化度数值得看,(8~14)×10⁻³为一个台阶,(3~10)×10⁻²为一个台阶。从pH值酸碱度的变化看,酸性和碱性代表两种不同的水系(表5),微小的离子浓度变化引起了矿化度、水型、酸碱度等变化。

表5 地层水水质分析表

Tab.5 Analysis of formation water quality

井号	矿化度 (×10 ⁻⁶)	pH	水 型
水1井	517.3	7.4	NaHCO ₃
双6井	10616.3	7.23	Na ₂ SO ₄
双201井	9904.8	7.64	Na ₂ SO ₄
泉115井	49326		CaCl ₂
双39井	97831.79	6.62	CaCl ₂
双272井	70222.6	6.8	CaCl ₂
双208井	88255.9	6.01	CaCl ₂
周5井	11846.76	7.2	Na ₂ SO ₄
周8井	11538.88	7.44	Na ₂ SO ₄
周16井	18014.61	7.54	Na ₂ SO ₄

从表中可以看出,双39井、双208井、双272井地层水为CaCl₂型,略呈酸性,矿化度在 7×10^{-2} 以上,是标准的长6油层水^[4]。实际上这3口油井是出油的。双6井、双201井地层水为Na₂SO₄型,略呈碱性,当时只出水不出油,坐了封隔器封住上部水层下窜后,正常出油且高产,水型也由此变成CaCl₂。周5井、周8井、周16井地层水为大陆型的Na₂SO₄型水,这是一种强酸根离子与强碱性的碱金属相结合的第一性盐,略呈碱性,矿化度为 1×10^{-2} 左右。通过坐上下封隔器验证未窜层。而且固井良好,出现这种情况,说明在一个很大的封闭环境里有断层或裂缝,或其他浅水层有向下渗透通路,造成水洗油层,即水驱油现象,从水型、酸碱度、矿化度、裂缝、岩心的变化可以验证。由于地表水含氧相对较多,下渗至油层后,油层经过高温氧化作用,原油则由于变质而稠化。水

驱油后所剩残余沥青质稠油或油气运移过程中留下的油斑, 给取心描述与测井解释造成错觉, 误认为是好油层, 实际上从岩心可直观出水洗油层岩心变化的基本特征。周5井、周8井及周16井经过一系列技术改造作业仍不见效, 只好留下周17井、周18井, 等待那些油井的情况调查研究清楚后再做工作。另外周6井、周9井开采长6层位亦不理想, 稳产油仅为0.3至0.9 t/d; 周7井、周15井没有下套管, 其他层系也没有好油层。这个区块只好暂时画个句号了。

2.5 水淹层初探

每种水淹油层有不同的矿化度特征, 外来水矿化度低于地层水矿化度, 油层被水洗后, 地层水被淡化, 水淹程度越高, 油层水矿化度越低; 类似边缘水、地表水下渗后驱油等。可用下列方法判别:

2.5.1 自然电位基线偏移法

$\Delta S_p = \text{Log} \frac{C_w \text{原}}{C_w \text{洗}}$ 自然电位曲线偏移大小取决于两种水的矿化度比值^[4]。由于两种混合液体浓度不同, 造成自然电位曲线呈上下台阶; 若整个油层全面水洗后, 则自然电位异常幅度小于静自然电位。由统计结果知, 该地区自然电位幅度降低约30%左右。

2.5.2 电阻率法

该地区测井资料表明, 在生产油层的岩性、物性相近似的情况下, 由于含油性的差别, 油层的冲洗带电阻率较低; 水洗油层后使矿化度降低, 故冲洗带电阻率较高。经过统计, 一般能高25%~30%左右, 这也是反映油层水洗程度的一种特征。

3 结论与认识

3.1 评价与结论

综上所述, 所谓的“三好一差”, 是因水洗油层而产生, 整个周字号井区块周围存在大地断层或裂缝, 存在下渗通路, 因此产生自然水驱油现象。化探好, 是储层封闭差, 油苗四处扩散造成的; 取心好, 是沥青质状稠油或油气运移过程中留下的油斑; 测井解释好, 是物性好、油质稠、矿化度较低(当时不知)造成的。

对于这样一个被水洗过的长2油层, 虽然没有获得满意的工业油流, 但对以后类似的新勘探区积累了宝贵的资料和有益的经验。

(1) 在新勘探区为避免类似情况的再次出现, 应尽早试油, 取全取准所有资料, 以便及时研究, 寻找对策。

(2) 孙岔—卧马渠区块应立即停止钻探, 资料还应进一步深入研究, 为今后勘探新区奠定基础。

(3) 一般的长2油层存在于古分流河道, 河道较窄, 砂体小且连片性差, 周字号油井的长2油层砂体大且连片性好, 也是造成水洗的有利因素。

(4) 当矿化度、水型、酸碱度、岩心变化后, 出现井漏或岩心有裂缝, 早期勘探要严密监视这样的信号, 可应用上述技术分析注水见效状况。

参考文献:

- [1] 长庆石油地质志第十二卷[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992.
- [2] 朱佳聪. 油矿地质学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992.
- [3] 曾文冲. 油气藏储集层测井评价技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991.
- [4] 原海涵. 石油地球物理测井[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.

Analysis and evaluation for oil zone washed by water

CHI jing

(Drilling and Producing Oil Company of Yongning, Petroleum Administration Bureau of Yanchang Zhidan, Shaanxi 717500, China)

Abstract: It is well known that T₃ Chang2 oil zone exists widely in Ordos basin, they contain industrial oil and some water. The T₃ Chang2 of Zhouhe country of Zhidan county is very different from that of other regions: according to chemical exploration and rock core and interpretation, the oil zone is good, but its output is poor. Sands distribute widely in these oil well and its thickness is large. The article analyzes clearly the “three-good and one-poor” phenomenon.

Key words: exploration; oil zone washed by water; degree of mineralization; style of water