

关于如何正确研究和应用水驱特征曲线

——兼答《油气藏工程实用方法》一书

俞 启 泰

中国石油天然气集团公司石油勘探开发科学研究院

引 言

《油气藏工程实用方法》一书^[1] (以下简称《方法》)中的第三章“水驱曲线的研究与应用”的部分内容批评了笔者在水驱曲线的研究和应用中的一些观点。水驱曲线是我国油田预测开发指标最主要的方法,正确地研究和应用水驱曲线以取得准确的预测结果,事关油田开发、石油工业发展乃至国民经济发展重大决策的依据。因此,就关于如何正确研究和应用水驱特征曲线的问题,有必要作一说明。

水驱特征曲线应用的三原则

研究和应用表明,要正确应用水驱曲线,必须遵守以下3条原则。

(1) 稳定水驱原则 关于水驱曲线的适用条件,我国和俄罗斯的研究者有一个共同的想法,即水驱特征曲线只适用于稳定水驱的条件^[2,3]。

(2) 直线段原则 水驱曲线大多数是2个系数的线性方程,用线性回归求得直线段的参数并外推预测指标是水驱曲线应用的基本方法。

(3) 含水率界限原则 水驱曲线只有在含水率达到某一值时,才出现直线段,称为初始含水率,因此水驱曲线必须在初始含水率出现以后才能应用。对某些水驱曲线还存在一个直线段截止的含水率,在应用它们时,要注意研究其适用的含水率区间。

正确体现上述三原则并不是一件简单的事。例如,评价油田调整措施应用最广泛的所谓破折线法(见图1)。在前苏联和俄罗斯,认为调整效果最明显地反映在产液量的变化上^[4],因此经常采用的关系是 N_p 与 L_p 或 $\lg L_p$ 关系。巴巴梁(Бабалян Г А)的关系式^[5]

$$N_p = a + bL_p \quad (1)$$

和沙卓诺夫(Саэонов Б Ф)的水驱曲线^[6]

$$N_p = a + b \lg L_p \quad (2)$$

而我国广泛采用的是 N_p 与 $\lg W_p$ 关系的马克西莫夫-童宪章水驱曲线

$$N_p = a + b \lg W_p \quad (3)$$

但评价方法却不一样,有3种评价方法。

(1) 前苏联和俄罗斯是利用实际数据回归出的直线1和外推的直线2作为基础曲线,调整措施后曲线发生转折,为线3。利用线3和线2之间的阴影区(增油量)评价调整效果。这种方法是计算到某一时间的效果评价,因此方法基本合理。

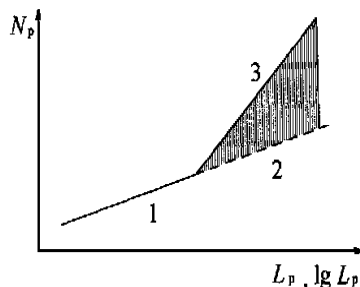


图1 水驱特征曲线的破折线法评价调整措施效果示意图

(2) 我国常用的方法是分别用直线1和3外推到含水率0.98时的累积产油量作为调整措施前后的可采储量,利用它们差值的大小,评价调整措施的效果。由于不能保证线1,2直线关系一直保持到含水率0.98,线3并不完全是油田可采储量增加的结果,因此这种方法评价调整效果一般偏大。

(3) 文献[7]中提出的计算年度可采储量的方法,结合了第1和第2种方法的优点,避免了它们的不足(第1种方法为评价到某一时间的效果,但未预测长期效果;第2种方法预测长期效果,但未对应某一时间),因而评价的结果比较可靠。

文献[8]采用第2种方法评价措施效果,认为高压注水提高采收率约5%,可能有些偏大。而根据文献

[7]用第3种方法评价措施效果,则认为魏岗油田由于高压注水,到1997年采收率提高值大约只有1%~2%。

应用一般的水驱特征曲线时必须作某些条件的限定

水驱特征曲线分为2大类,一类是一般的水驱曲线,各自只反映一种含水上升规律,如纳札罗夫水驱曲线(N曲线)、西帕切夫水驱曲线(C曲线)、马克西莫夫-童宪章水驱曲线(M-T曲线)、沙卓诺夫水驱曲线(S曲线);另一类是广义水驱特征曲线,可以反映不同的含水上升规律,如张金庆水驱曲线(Z曲线)、俞启泰水驱曲线(Y1曲线)。对一般的水驱曲线,由于只能反映一种含水上升规律,因而在使用它们时,必须限定某些条件。

《方法》在“地层原油粘度与水驱曲线关系的研究与讨论”一节中,依据3个油田的实际数据,用M-T曲线(“甲型”曲线)、S曲线(“乙型”曲线)、C曲线(“丙型”曲线)、N曲线(“丁型”曲线)分别计算得出:“四种方法对不同油田的计算结果基本一致”,就是说,对一个具体油田,可以不作任何条件限定,用上述任何一种曲线计算都可以,这是对水驱特征曲线应用的一种误导。

仍取《方法》中的3个油田(藏)资料进行计算,目标值为可采储量 N_R (对应 f_w 为0.98)及不同曲线计算 N_R 的最大与最小值的相对差(见表1)。

表1 3个油田用4种曲线计算的 N_R 结果表

水驱曲线	$N_R(10^4)$		
	宁海油田	大庆油田南二、三区葡I组	埕北油田
M-T	652.4	4213.7	823.3
S	676.3	4612.8	869.8
C	610.7	3730.4	731.0
N	594.9	3427.1	634.4
N_R 最大与最小相对差(%)	13.7	34.6	29.8

由表1看出,这3个油田(藏)4种曲线 N_R 计算结果有较大差别,以最大的S曲线与最小的N曲线对比,它们的相对差都超过了10%,如果用剩余可采储量对比,相对差将更大。因此,《方法》中所说的“预测结果基本一致”失真。这种观点使有的研究者在评价开发和调整效果时,尽量取计算结果偏大的曲线计算,以便突出研究的效果,对油田开发不利。

对水驱曲线应用的限定条件,国内外的研究者从两方面进行了研究。

1 地层原油黏度限定

由于地层原油黏度是影响含水上升规律最主要的天然因素,因此国内外研究者都提出了用地层原油黏度作为限定水驱曲线的使用条件。笔者先后^[2,9,7]重申了这个限定条件。1994年俄罗斯研究者^[3]也提出了根据油水黏度比(μ_R)选择水驱特征曲线的标准:

对 $\mu_R \geq 5$ 的油藏应用达维多夫(Давыдов А В)水驱曲线^[10]

$$N_p = a + b \frac{W_p}{L_p} \quad (4)$$

对 $\mu_R < 5$ 的油藏用卡札柯夫(Казарков А А)水驱曲线^[11]

$$N_p = a - b/L_p^m \quad (5)$$

可以看出,根据地层原油黏度选择水驱曲线的观点,国内外研究者已经取得共识。而《方法》的作者却说笔者提出的根据原油黏度选择水驱曲线的观点是不正确的。

2 水驱曲线与实际资料的相关性

国内外的研究者也利用多种水驱曲线与实际资料的相关性作为限定条件,从中选择相关性较好的水驱曲线。例如我国胜利油田在计算可采储量时共采用12种水驱曲线或采出程度与含水率关系,根据它们与实际资料拟合相关系数的大小并结合经验从中选值作为标定值^①。在俄罗斯,各公司大都采用5~12种水驱曲线,然后从中选择,但他们认为单凭线性回归相关系数最高的结果不一定是最真实的评价,所以在此之前必须检查模型的符合性^[4]。为此提出了一系列的准数来保证实现这一点,如Татнефть АО的水驱曲线的应用程序中共采用了8种水驱曲线,然后根据Тейла准数最小的原则选择3种水驱曲线,取其平均值作为评价结果^[12]。还采用Гасу准数作为最大逼真的统计原则;用Финер准数评价模型的符合性;用Барнеби准数在评价措施效果时排除无注水影响的井等^[4]。

俄罗斯各大石油公司或主要研究所都有自己的水驱曲线应用程序,这些程序都能够自动确定水驱曲线直线段的出现和自动选取回归段的数据,这就最大限度地减少了使用者的人为干预。而我国现在还停留在用目测确定直线段的出现和回归区间,在最后取值时,还要加上使用者的经验,这样人为干预过多,不同使用者的计算结果重复性差。

① 陆廷贵,胜利油区已开发油田可采储量标定报告,1996。

水驱特征曲线的研究应用与发展

为了找出适用性广、计算结果准确的水驱特征曲线表达式,国内外的研究者进行了大量的研究和筛选工作。笔者统计了从1970年到1999年前苏联和俄罗斯权威的石油杂志《Нефтяное Хозяйство》(石油业)和我国的《石油勘探与开发》提出的和停用的水驱曲线表达式数目(见表2)。

表2 《石油业》与《石油勘探与开发》中水驱曲线提出的和停用的数目及M-T水驱曲线出现频率统计表

时间区间	《石油业》		《石油勘探与开发》			
	新提出数	停用数	出现频率 (%)	新提出数	停用数	出现频率 (%)
1970~1974	4	0	20(1/5)	0	0	
1975~1979	7	1	14.3(2/14)			
1980~1984	7	8	35.3(6/17)	2	0	66.7(2/3)
1985~1989	5	11	23.1(6/26)	4	1	72.2(13/18)
1990~1994	11	16	10(4/40)	1	4	78.6(11/14)
1995~1999	4	21	3.3(1/30)	5	4	36.8(7/19)

注:括号中数字分子为M-T曲线出现数,分母为所有曲线出现数

由表2看出,前苏联和俄罗斯提出同时也弃用了大量的水驱曲线表达式。统计表明,从1970年到1999年,先后提出了38种水驱曲线表达式,经过筛选,到1995~1999年段出现2次以上的表达式仅6种。我国也有同样的表现,虽然在程度上有差异。

我国广泛使用的M-T水驱曲线(见表2),1995~1999年段虽有所下降,但在《石油勘探与开发》和其他书刊报告上仍是最广泛应用的水驱曲线(包括R与 f_w 曲线典型图版)。而前苏联和俄罗斯,马克西莫夫水驱曲线(即我国的M-T曲线),1995~1999年段出现的频率已降到很低,在《石油业》上最后一次将这种曲线用于油田是在1992年,此后已基本弃用。这种情况值得思考。这与M-T曲线在性能上和预测的准确程度上存在不足,已不适应高含水期油田开发指标的计算与预测的需要有关。

笔者在1995年^[13]建立了广义水驱特征曲线的理论,1998年出现了Z曲线^[14]

$$\frac{W_p}{N_p} = -a + b \frac{W_p}{N_p^2} \quad (6)$$

和Y1曲线^[15]

$$\lg N_p = a - b \lg \frac{L_p}{W_p} \quad (7)$$

文献^[16]通过全面的分析、研究和实例计算,证明了上述两种曲线不用作任何条件限定,适用于任何类型的水驱油田,比一般的水驱曲线适用性广而强。文献^[15]中的计算实例、以及后来补充做的另一种类型的底水碳酸盐岩的雁南油藏的计算实例,都表明这两种广义水驱特征曲线出现直线段的初始含水率低,计算的 N_R 、 N_{RR} 与实际资料相比误差很小,其性能已远远超过了前苏联M-T、S、C、N等4种重要的水驱曲线,是当前国内外适应性较好的水驱曲线,应尽快予以推广。这也表明,在水驱曲线表达式的研究和筛选工作上,我国的研究水平已居世界前列。

用正确的概念和科学的方法 研究水驱特征曲线

水驱特征曲线作为一种重要的油藏工程方法,是一种工具,因此它的研究方向一是使工具更精良,二是使应用工具的技巧更高超。如前所述,由于我国提出了Z和Y1水驱特征曲线而在使工具更精良上超过了俄罗斯;而在使用工具的技巧上,俄罗斯的人为介入少,更加严谨,我国与之相比还有差距。国内外的许多研究者正是沿着这一正确的研究方向,使水驱曲线的研究和应用不断深入、水平不断提高。而《方法》的作者却用不正确的概念和不科学的方法研究水驱曲线,这又是对水驱特征曲线研究的一种误导,例如:

(1《方法》在“对广义水驱曲线的质疑、推导与讨论”一节中说笔者在推导广义水驱特征曲线时,存在的一个问题是“ $N_p/N_R=0$ 时, W_p/N_p 不能等于0。因为当 $N_p=0$ 时, W_p 必然等于0,此时0/0已失去意义”。这是一种不正确的概念。可以根据极限理论作以下简略推导: $N_p/N_R=0$ 就相当于初始点 $t=0$ 的情况,此时,

$$\begin{aligned} \frac{W_p}{N_p} \Big|_{t \rightarrow 0} &= \frac{\Delta W_p}{\Delta N_p} \Big|_{t \rightarrow 0} = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{\Delta W_p}{\Delta N_p} = \frac{dW_p}{dN_p} \Big|_{t \rightarrow 0} \\ &= \frac{dW_p/dt}{dN_p/dt} \Big|_{t \rightarrow 0} = \frac{Q_w}{Q_t} \Big|_{t \rightarrow 0} = \frac{f_w}{1-f_w} \Big|_{t \rightarrow 0} \quad (8) \end{aligned}$$

由此可知,初始点的 W_p/N_p 等于初始点的瞬时 $\frac{f_w}{1-f_w}$ 。由于 $t=0$ 时, f_w 可以等于0,因此初始点的 W_p/N_p 也完全可以等于0, W_p/N_p 是函数,不是一个不变的数字,不能简单地把 W_p/N_p 看成一个数字,而

认为 $W_p=0, N_p=0$ 时, W_p/N_p 就必然无意义。由于初始点 f_w 不仅可以等于 0 也可以大于 0, 因此初始点的 W_p/N_p 也不可以等于 0 也可以大于 0。

(2) 文献[17]的作者推导水驱曲线表达式时, 用油层平均的饱和度而不是出口端的饱和度与出口端的含水率进行配套推导, 这是不正确的概念。

(3)《方法》在“对 $N_p=bf_w$ 关系式的质疑、推导与讨论”一节中说笔者提出的关系式^[18]

$$N_p = bf_w \quad (9)$$

是不正确的。而《方法》作者引用文献[19]的关系式

$$N_p = bf_w^a \quad (10)$$

才是正确的。对比(9)式和(10)式可以发现, 若(10)式中的 $a=1$ 就是(9)式, 也就是说(9)式是(10)式 $a=1$ 的一个特例, 理论分析可以证明, a 在等于 $0 \sim \infty$ 中的任一值都是合理的, $a=1$ 也在此范围内。

(4)《方法》说所谓的甲、乙、丙、丁型水驱曲线(即 M-T, S, C, N 水驱曲线)都是由《方法》的作者“完成了理论上的推导”。这不符合实际情况。C, N 水驱曲线都是西帕切夫在 1981 年^[20] 推导出来的。M-T, S 水驱曲线作为一种统计的经验式, 应该以严格的渗流力学理论完成它的推导。而《方法》的作者却采用了只在中段能近似成立的经验式

$$\frac{K_{ro}}{K_{rw}} = ae^{-bs_w} \quad (11)$$

和 $\Theta\Phi\rho c$ 实验式这两个经验式为基础进行推导, 这谈不上理论推导。

其次, 水驱特征曲线推导的实质是建立水驱曲线与其相对应的油水渗流特征 S_w 与 f_w 关系。水驱曲线受天然和人为的多种因素影响。但其中最本质的、起决定作用的影响因素是其对应的 S_w 与 f_w 关系。而《方法》的作者却能用相同的公式(11)和 $\Theta\Phi\rho c$ 实验式在“一种新型水驱曲线关系式的理论推导及应用”^[21] 中, 推导出不同的所谓“甲型”和“乙型”水驱曲线, 这从道理上是说不通的。

(5) 在推导水驱曲线中提出不成立的推导条件。例如“Назаров(纳扎洛夫)确定可采储量经验公式的理论推导及其应用”^[22] 中推导的丙、丁型水驱曲线时, 取条件“当达到中高含水期时, 出口端的可流动含油饱和度 Z_{oe} 趋近于 0, 而 $E=0$ ”。且不说严格的推导不允许这样的近似, 就是实际油田开发中, 只有在接近完全结束(f_w 趋近于 1.0)时 Z_{oe} 才趋近于 0, 在此之前不能认为 Z_{oe} 趋近于 0, 有时 Z_{oe} 还相当大(如水驱高黏油田)。

(6)《方法》的作者在水驱特征曲线研究中, 将两种不同规律的事物(如公式、定理等)互相借用、互相取代、互相联系, 这不符合科学研究的基本要求。例如:

①在“水驱曲线关系式的对比及直线段出现时间的判断”^[23] 中, 用文献[23]提出的关系式

$$R = a' + b'(\ln F + \frac{1}{F}) \quad (12)$$

当 $F=1(f_w=0.5)$ 时, R 将出现最小值的特点, 借用到 M-T 水驱曲线的微分形式

$$R = a + b \ln F \quad (13)$$

而认为 M-T 水驱曲线及其微分形式(13)式出现直线段的初始含水率应在 0.5 以上。这种推理是不能成立的。原因是:

首先, (12)式和(13)式是两种不同的规律, 在 R 与 $\ln F$ 坐标上, (12)式是一条曲线, (13)式是一条直线, 只有在 F 很大, 即含水率很高时, (12)式的 $1/F$ 小到可以忽略不计时, (12)式的关系才近似等于(13)式。在 F 较小时, (12)式和(13)式有很大差别, (12)式在 $F=1$ 时出现 R 的最小值为本身的特点, 与(13)式是否出现直线段没有任何关系。这种不同规律之间互相借用的研究方法是不正确的。

其次, M-T 水驱曲线公式(3)及其微分形式(13)式本身就是一条直线, 实际数据是否出现近似的直线段, 受多种因素包括天然的和人为的因素的影响, 不是(12)式、(13)式之间简单的数学对比所能决定的。实际上在 $f_w > 0.5$ 或 $f_w < 0.5$ 出现直线段的情况都有。

②“利用水驱曲线交汇法确定油田可采储量”^[24] 中,《方法》的作者提出利用 M-T 水驱曲线公式(3)和 S 水驱曲线公式(1)的所谓“交汇”来计算可采储量的方法是不正确的。原因是:

首先,“交汇法”是数学中求解参数的一种图形处理方法。它是针对一种数学表达式, 即描述一种规律。而 M-T 曲线和 S 曲线代表的是两种不同的含水变化规律, 不能互相取代, 因此不适宜“交汇法”。

其次, 国内外的可采储量定义都是在某一“截断”下的累积产油量, 如果是经济上的“截断”, 则计算出的是经济可采储量; 如果是技术上的“截断”, 则计算出的是技术可采储量。而《方法》作者在纵坐标上取不同的 $\lg W_p$ 和 $\lg L_p$ 对 N_p 的“交汇”, 这只是图形上的“交汇”, “交汇”的可采储量结果既不是“经济”的, 又不是“技术”的, 也不是“最大”的。这样计算可采储量在方法上和结果上都是不正确的, 无法和国际常用规定接轨。而这种方法在我国已作为一种法定方法(“油、气

田储量计算方法细则”^[25]), 这对我国的油田开发工作是不利的。

③《方法》提出了一些水驱曲线与递减曲线或数学模型的“联解法”是不正确的或不严格的, 原因是:

不同的水驱曲线或递减曲线或数学模型都各自反映了一种油田开发指标的变化规律, 它们之间的结合或联系或联解的先决条件是反映同一种变化规律。因此必须首先研究和确定它们之间的联解条件, 例如文献[26]证明了在定产液量条件下 Казаков 水驱曲线对应 A_{rps} 双曲递减曲线, 因此这两种方法进行联解是合理的。而《方法》作者的“联解”, 都是利用水驱曲线求出 N_p 与 f_w 关系, 又利用递减曲线或数学模型求出 N_p 与 t , N_p 与 Q_t 关系, 两者的连接点就是 N_p , 这并不是真正的“联解”。

符号注释

a, b, a', b' ——系数, 常数; E ——函数符号, $E = Z_{oe}/S_{of}$; F ——水油比; f_w ——含水率, 小数; K_{ro} ——油相相对渗透率, 小数; K_{rw} ——水相相对渗透率, 小数; L_p ——累积产油量, t ; m ——卡札柯夫水驱曲线指数; N_p ——累积产油量, t ; N_R ——可采储量, t ; N_{RR} ——剩余可采储量, t ; Q_t ——产油量, t/d ; Q_w ——产水量, t/d ; R ——采出程度, 小数; S_{of} ——可流动含油饱和度, 小数; S_w ——含水饱和度, 小数; t ——时间, d ; W_p ——累积产水量, t ; Z_{oe} ——出口端可流动含油饱和度, 小数; μ_R ——油水黏度比。

参考文献

- 1 陈元千. 油气藏工程实用方法. 北京: 石油工业出版社, 1999.
- 2 林志芳, 俞启泰, 李文兴. 水驱特征曲线计算油田可采储量方法. 石油勘探与开发, 1990, 17(6): 64~71.
- 3 Амелин И Д, СУР Учев М Л, Давыдов А В. Про юз Разработки нефтяных залежей на поедной стадии, М. Нед Ра, 1994.
- 4 Казаков А А. Некоторые замечания по поводу методов оценки технологической эффективности различных водо-технических мероприятий. НХ, 1999, (5): 39~43.
- 5 Бабалян Г А, Кавченко И И, Ованесов Г П, и др. О перспективах применения поверхностно-активных веществ для увеличения нефтеотдачи пластов и темпов их разработки. НХ, 1972, (12): 29~33.
- 6 Сазонов Б Ф. Совершенствование технологии разработки нефтяных месторождений приводонапорном режиме, М. Нед Ра, 1973.
- 7 俞启泰, 谢绪权, 李炎波. SY/T5367-1998 石油可采储量计算方法.

中华人民共和国石油天然气行业标准, 1999.

- 8 杨纛, 孙金田, 刘铁岭等. 魏岗油田高压注水实践与认识. 石油勘探与开发, 1999, 26(5): 49~52.
- 9 俞启泰. 为什么要根据原油粘度选择水驱特征曲线. 新疆石油地质, 1998, 19(4): 315~320.
- 10 Давыдов А В. Усовершенствованные технологические показатели разработки залежей нефти в поздней стадии. НГНС Нефтепромысловое Дело и Транспорт Нефти, М. ВНИИОНГ, 1985, (10): 8~10.
- 11 Казаков А А. Про юз ювание показателей разработки месторождений по характеристикам вытеснения нефти водой. Нефтепромысловое Дело, 1976, (8): 5~7.
- 12 Сулейманов Э И, Низамов В В, Землянская С Г. Определение эффективности методов увеличения нефтеотдачи. НХ, 1996, (12): 37~38.
- 13 俞启泰, 靳红伟. 关于广义水驱特征曲线. 石油学报, 1995, 16(1): 61~70.
- 14 张金庆. 一种简单实用的水驱特征曲线. 石油勘探与开发, 1998, 25(3): 56~57.
- 15 俞启泰. 一种广义水驱特征曲线. 石油勘探与开发, 1998, 25(5): 48~50.
- 16 俞启泰. 水驱特征曲线研究(六). 新疆石油地质, 1999, 20(2): 141~145.
- 17 陈元千. 水驱油田矿场经验分析式的推导及其应用(第一部分——基本公式推导). 石油勘探与开发, 1981, (2): 59~67.
- 18 俞启泰. 一种重要水驱特征曲线的油水渗流特征及其使用价值. 油气采收率技术, 1998, 5(1): 41~44.
- 19 张虎俊. 预测可采储量新模型的推导及应用. 试采技术, 1995, 16(1): 38~42.
- 20 Сипачев Н В, Посевич А Г. О характеристиках вытеснения нефти водой. Нефть и Газ, 1981, (12): 26~32.
- 21 陈元千. 油气藏工程计算方法. 北京: 石油工业出版社, 1990.
- 22 陈元千. 实用油气藏工程方法. 北京: 石油工业出版社, 1998.
- 23 Iraj Ershaghi, Osazuwa Omoregie. A method for extrapolation of cut vs. recovery curves. JPT, Feb. 1978, 203~204.
- 24 陈元千. 油气藏工程计算方法(续篇). 北京: 石油工业出版社, 1991.
- 25 张文昭. 石油天然气储量管理. 北京: 石油工业出版社, 1999.
- 26 俞启泰. 水驱特征曲线研究(四). 新疆石油地质, 1997, 18(3): 247~258.

作者简介 俞启泰, 男, 59岁, 教授级高级工程师, 现从事油藏工程研究. 地址: 北京市910信箱, 油气田开发研究所, 邮政编码100083.

收稿日期 1999-11-28

(编辑、绘图 郭海莉)

在测井曲线上, 准层序、体系域和层序具有不同的响应特征。准层序界面表现为测井值、岩层厚度或岩性发生了突变。体系域的识别取决于准层序的叠加样式, 在自然伽马测井曲线上, 盆底扇以光滑柱形显示, 上下界面处测井曲线发生突变; 斜坡扇以齿状卵形显示, 前积复合体以齿状漏斗形显示, 水进体系域以齿状钟形为特征, 高水位体系域以柱形-漏斗形为特征。在地层倾角矢量图上, 低水位体系域以乱模式显示, 水进体系域以红模式显示, 高水位体系域以绿-蓝模式显示。密集段以高自然伽马、低电阻率、高 U、Th、K 记数率和小倾角绿模式为特征。层序界面在地层倾角矢量图上表现为能够确定为不连续面的乱或断模式, 以及低的 U、Th、K 记数率。针对在测井曲线上层序识别的多解性、层序级别划分的不一致性以及离开井眼范围的推测性, 提出多种资料的有效结合, 特别是同地震资料及高分辨率古生物资料的结合, 是进行层序地层分析的有效方法。以东海某箕状凹陷的一口井为例, 验证了该方法的有效性。图 2 参 4(张占松摘)

关键词 测井响应 测井数据 层序地层学
层序 地层层序 准层序 体系域

° 讨 论 °

TE341 20000535
关于如何正确研究和应用水驱特征曲线——兼答《油气藏工程实用方法》一书[刊]/俞启泰 //石油勘探与开发.-2000, 27(5).-122~126

应用水驱特征曲线应遵循 3 个原则: 稳定水驱原则、直线段原则和含水率界限原则。应用一般的水驱曲线必须作某些条件的限定: 根据地层原油粘度和根据与实际资料的相关性选择水驱曲线。由我国研究者提出的两种广义水驱特征曲线(z 曲线和 Y1 曲线)可适用于各种类型的水驱油田, 应尽快予以推广。《油气

藏实用工程方法》一书误导了水驱曲线的研究和应用, 对油田开发是不利的。图 1 表 2 参 26(俞启泰摘)

关键词 油田开发 原则 概念 方法 批评
回答

° 应力场研究 °

P554 20000536
现今地应力与断层封闭效应[刊]/周新桂, 孙宝珊...
//石油勘探与开发.-2000, 27(5).-127~131

简要介绍了断层封闭性研究现状和主要研究方法, 阐述了油田现今地应力作用方向、大小对断层封闭性的影响, 即在某一应力大小的条件下, 现今水平主压应力方向与断层走向的交角越大, 断层封堵油气的可能性越大, 反之则越小; 在某一断层产状条件下, 作用于断层面的联合压应力大于或等于岩石抗压强度, 有利于增强断层封闭作用, 反之不利于断层封闭。以辽河拗陷西部凹陷笔架岭油田为例, 选取该地区 4 口井 46 个层段, 计算了钻孔井壁崩落的优选方位及相应的现今最大水平主压应力作用方向, 分析认为最大水平主压应力方向总体为北西向, 与主干断层走向呈大角度相交或近于垂直, 据此评价 4 条主干断层总体上对油气的封闭性在沙河街组一段和东营组三段好, 向浅部变差。采用声发射法测量了该区 10 口井 4 个层位现今最大水平主压应力数值和岩石抗压强度, 据计算所得联合压应力评价了其中 3 条主干断层的封闭性, 总的变化趋势是深部好而浅部差。笔架岭油田的油气藏实际分布证实了评价结果是可靠的, 这对于该区井位选择、区块评价、储量计算及制订正确开发方案有极重要的地质意义和现实意义。图 3 表 4 参 21(周新桂摘)

关键词 现代 地下 应力场 断层 封闭油气
藏 效应 定量分析 综合评价 辽河拗陷

stratigraphy, Sequence, Stratigraphic sequence, Parasequence, Systems tract

How to study and apply the water displacement curves correctly—

A reply to the book “ Practical Methods of Petroleum Reservoir

Engineering”. YU Qi-tai (Research Institute of Petroleum

Exploration and Development, CNPC, Beijing 100083, P. R.

China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2000, 27(5), 122-126. Three

principles which are steady waterflooding, straight line segment

and water cut limit, should be followed when using the water

displacement curves. It is shown that restricting some conditions

must be made while using general water displacement curves, i. e.

choosing the water displacement curve according to formation oil

viscosity and dependency with actual data. It is indicated that two

generalized water displacement curves proposed by domestic

scientific research workers are the best in the world at present, they

can be applied in various waterflooding reservoirs, so they should be

popularized to country-wide as fast as possible. The author holds

that the incorrect concepts and the non-scientific methods of the

author of the book “ Practical Methods of Petroleum Reservoir

Engineering” have wrongly guided the study and application of the

water displacement curves, that is unfavorable for oilfield

development. **Subject heading:** Water injection curves, Oilfield

development, Principle, Concept, Method, Criticism, Answer

State of current geo-stress and effect of fault sealing. ZHOU Xin-

gui; et al. (Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081, P.

R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2000, 27(5), 127-131.

This paper simply introduces present situation and main methods of

studying about fault sealing, and elaborates influence on the effect

of fault sealing caused by the magnitude and direction of present

maximum horizontal principal compressive stress, which indicates

that, under stress condition given, the bigger the angle between

the direction of present maximum horizontal principal compressive

stress and fault trending, the bigger the possibility of fault sealing

oil-gas, otherwise, the smaller the possibility. When the united

compressive stress exerting on fault plane is bigger than or equal to

compressive strength of rock for a fault given, ability of fault

sealing oil-gas will be strengthened, on the contrary, it will be cut

down. By taking Bijialing oil field in Liaohe basin as an example,

author selects 4 wells involving 46 sections in order to determine the

action direction of the present maximum principal compressive

stress. Dominant bearing of borehole break and corresponding

direction of present maximum horizontal principal compressive

stress have been calculated by method of borehole break analysis.

On the whole, direction of present maximum horizontal principal

compressive stress is about NW, which is at an angle of about

ninety degree to the trend of the main fault. According to their

relation between stress direction and fault trending at different

parts, ability of 4 main faults' sealing oil-gas has been evaluated.

The result shows that ability of fault sealing in Es₁ and Ed₃ in depth

is much higher than in upper place. The magnitude of present

maximum horizontal principal compressive stress and compressive

strength of rock have been measured by means of acoustic emission

(AE method) technique for 10 wells involving 4 horizons of this

region. By calculating the united compressive strength of rock,

author obtains an similar conclusion to former, from lower to upper

part, ability of fault sealing changes into poorer. As a matter of

fact, distribution of oil-gas reservoir known has verified reliability of

evaluation results. Therefore, the results are of geological and

practical significance for choosing well-position, for evaluating

region of bearing oil-gas, for calculating oil-gas reserves and for

formulating reasonable scheme of oil-gas exploration and

development. **Subject heading:** Recent, Underground, Stress

field, Fault, Closed reservoir, Effect, Quantitative analysis

Comprehensive evaluation, Liaohe depression

(Edited by TANG Jin-hua)