

综合总目标函数最优化方法 计算水驱气藏储量与水侵量

匡建超* 史乃光

杨正文

(成都理工学院石油系)

(四川石油管理局川西北矿区)

内容提要 本文改进了以前物质平衡法计算水驱气藏储量与水侵量的方法,提出了综合总目标函数最优化方法。通过众多较优方案的计算后,再利用相对海明(Hamming)距离和关联度分析对各较优方案打分排序,选出最佳方案。

主题词 水驱气藏 综合总目标 函数 储量 水侵量 最优化方法 最佳方案选择

水驱气藏储量与水侵量的计算,是气藏动态分析和排水采气方案确定的必不可少的重要数据。在利用物质平衡法计算时,由于物质平衡方程和水侵方程中很多参数(储量、水侵常数、无因次半径、无因次时间步长)未知;加之气藏有关静态参数(孔隙度、渗透率、厚度、水区长度、水区宽度)也只知道其取值范围。这些太多的不确定性参数在同一方程中,加大了储量和水侵量的计算难度。因此,目前多采用最优化方法,以某一单目标函数为准则,

求得众多的较优方案,而后综合其它指标,从中选出最佳方案。这样作有两个缺陷:(1)由于单目标函数只能反映气藏动态的某一方面的特征,综合性、代表性不强,造成指标最小者与实际气藏最佳结果两者不统一,即指标最小者不一定是实际气藏的最佳结果。(2)利用目标函数值结合其它指标进行最佳方案的挑选时,由于各指标从不同的侧面反映较优方案的特征,往往出现各指标不具倾向性的局面,即各指标间高低情况不统一,给最佳方

(3)储集层孔隙度曲线高值,或声波高值而中子低值,声波曲线有明显的“锯齿”状,同等孔隙度条件下,地层电阻率相对较高,深、浅双侧向电阻率正差异大,孔—电交会点分布于交会图的砾间孔洞区间,此时,储集层孔隙类型为砾间孔洞;

(4)孔隙度曲线呈低至中高值,地层电阻率相对较高,深、浅侧向电阻率正差异中等

值,孔—电交会点落在溶孔区间,这类储集层的孔隙类型为溶孔;

(5)孔隙度曲线呈低~中等值,深、浅双侧向曲线重合性好,同等孔隙度条件下,电阻率较低,孔—电交会点分布于交会图晶间孔区间,这类储集层孔隙类型为晶间孔。

(修改回稿 1993-04-28)

* 610059,四川省成都市十里店。

案的挑选带来困难。

为了弥补上面的缺陷,在四川ZX气藏储量和水侵量计算中,作者采用综合总目标优化方法解决了上面的第一缺陷;应用相对海明距离与关联度分析解决了上面的第二缺陷。理论分析与实际结果均表明这是一种行之有效的办法,可为其它水驱气藏借鉴与参考。

综合总目标函数最优化 方法计算较优方案

水驱气藏的物质平衡方程为:

$$G_p B_g + W_p = 10^4 G (B_g - B_{gi}) + \frac{10^4 G B_{gi} (S_{wi} C_w + C_f)}{1 - S_{wi}} (p_i - p) + W_i + B \sum_{j=1}^n \Delta p_j F_D(r_D, t_D) \quad (1)$$

式中: G 为气藏储量(10^8 m^3); G_p 、 W_p 、 W_i 分别为某一年的累积采气量、累积产水量和累积注水量(10^4 m^3); p_i 、 p 分别为气藏原始地层压力和某一年的地层压力(MPa); B_{gi} 、 B_g 分别对应于 p_i 、 p 下的天然气体积系数(无因次); S_{wi} 为气藏原始含水饱和度(f); C_w 、 C_f 分别为水的压缩系数和岩石有效压缩系数(MPa^{-1}); B 为水侵常数($10^4 \text{ m}^3/\text{MPa}$); Δp_j 为第 j 个梯级压力降(MPa); r_D 为无因次水侵半径; $F(r_D, t_D)$ 为无因次水侵量; t_D 为无因次时间($t_D = t \cdot \Delta t_0$, t 为时间, Δt_0 为无因次时间步长) n 为年数。

方程(1)为一零维方程,即在任意时刻为一恒等式。对于某一具体气藏,式中的静态参数(G 、 B 、 r_D 、 Δt_0 、 p_i 、 B_{gi} 、 S_{wi})应为固定不变的数,其它动态参数(G_p 、 W_p 、 W_i 、 B_g 、 p)均是随时间而变的。通过这一方程同时求解储量(G)、水侵量($W_e = B \sum_{j=1}^n \Delta p_j F_D(r_D, t_D)$)的普

遍采用的方法是无约束最优化方法,在给定的目标函数下,把它当作多维(三维或四维)极小值的问题来求解,找出这些未知参数的最佳组合。正规单纯形加速法是一种较为成熟且简便常用的方法。

然而,由于目标函数在空间是一个不光滑的曲面,之中含有许多局部极小点,全局极小点是其中之一。因此在相同的停机标准下,求得的往往是局部极小点,而并非一定都是全局极小点,局部极小点的计算直接受目标函数的构成和计算初值的控制。计算初值是在各待求参数的范围之内,按一定间距取值的;而目标函数的构成则是至关重要的,它不仅决定局部极小值的搜索状况,而且也影响全局极小值(最佳方案)的挑选。作者在四川ZX气藏储量与水侵量的计算中,提出并采用综合总目标函数作为最优化计算的目标函数。其综合总目标函数的构成为:

$$\gamma = \beta + \sigma \quad (2)$$

式中 γ 为综合总目标函数。另两个参数分述如下:

1. 驱动指数均方差(σ)

将公式(1)变形后并令:

$$I_1 = \frac{10^4 G \left[(B_g - B_{gi}) + \frac{B_{gi} (S_{wi} C_w + C_f)}{1 - S_{wi}} (p_i - p) \right]}{G_p B_g} + \frac{W_e + W_i - W_p}{G_p B_g} = 1 \quad (3)$$

式中:累积水侵量 $W_e = B \sum_{j=1}^n \Delta p_j F_D(r_D, t_D)$; 驱动指数均方差为:

$$\sigma = \left[\sum_{j=1}^n (I_j - 1)^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

公式(3)右边第一项为气、束缚水、岩石的弹性膨胀驱动指数,第二项为实际水侵驱动指数,两者之和的理论值为“1”。如果计算结果(G 、 B 、 r_D 、 Δt_0)所反算的 I_1 越接近“1”,则说明

这一组参数越接近实际情况;偏离“1”越大者,则说明计算结果同实际吻合越差。偏离理论值“1”的程度采用驱动指数均方差(σ)的数值大小来量度。

2. 视压降与采出程度偏差指数(β)

从气藏中累积采出天然气 G_p 后,由于气藏压力的降低,必将导致水的侵入和气藏有效储气孔隙体积的减小。故将(1)式变形为:

$$\frac{B_g}{B_{g0}} \left(\frac{G_p}{10^4 G} - 1 \right) = \frac{S_{wi} C_w + C_f (p_i - p) - 1}{1 - S_{wi}} + \frac{W_i + W_e - W_p}{10^4 G B_{g0}} \quad (5)$$

令: 净剩水侵体积百分数 $\alpha = (W_i + W_e - W_p) / 10^4 G B_{g0}$; 弹性膨胀体积百分数 $\varepsilon = (S_{wi} C_w + C_f) (p_i - p) / (1 - S_{wi})$; 采出程度 $R = G_p / 10^4 G$ 。并代入

$$B_{g0} = \frac{p_s Z_i T_i}{p_i T_s} \quad B_g = \frac{p_s Z T}{p_i T_s}$$

视开采过程为等温过程,即 $T_i = T$, 则公式(5)可简化为:

$$\frac{p/Z}{p_i/Z_i} = 1 - R + (\varepsilon + \alpha) \frac{p/Z}{p_i/Z_i}$$

$$\text{令: } \varphi_1 = \frac{p_i/Z_i - p/Z}{p_i/Z_i} + (\varepsilon + \alpha) \frac{p/Z}{p_i/Z_i} - R = 0 \quad (6)$$

则视压降与采出程度偏差指数:

$$\beta = \left[\sum_{j=1}^n (\varphi_j - 0)^2 \right]^{1/2} \quad (7)$$

从上式可以看出: φ_1 的理论值为“0”, 如果某一方案 (G 、 B 、 τ_D 、 M_D) 所反算的 β 值越大, 则说明这一组结果的储量、水侵量、视压降、采出量这四者的搭配关系不好。反之, 亦反。显然, β 指标反映了储量、水侵量、视压降和采出量四者搭配程度的好坏, 是一个综合性较强的指标。

因此, 我们以综合总目标函数(γ)作为最优化计算的目标函数, 在给定停机标准下, 给出不同的计算初值, 则可得到一系列的较优方案, 同时也可以得出不同较优方案的 γ 、 σ 、 β 指标。

相对海明距离与关联度分析确定最佳方案

如前所述, γ 值的大小直接反映了计算结果同实际气藏动态特征的综合吻合程度的好坏, 因此, 在众多的较优方案中, γ 值最小者, 应该说是最接近最佳方案, 但不一定是我们要选择的最佳方案, 其原因是: (1) 由于 γ 是由 σ 和 β 两者构成, 而 σ 和 β 分别反映物质平衡不同侧面的特征, 它们在评价最佳方案中的地位和作用是不平等的; (2) σ 和 β 的不同取值组合, 也可以得出相同的 γ 值。所以, 不能只凭 γ 值最小这一点来选择最佳方案, 还必须综合分析 σ 、 β 两个目标函数对 γ 的控制作用大小, 它们同理论值的贴近程度和相似程度, 在众多的较优方案中, 从优到劣排出名次, 进而选出最佳方案。

1. 相对海明(Hamming)距离分析

相对海明距离是模糊数学中的一个概念。由于各较优解与理想(理论)解的接近程度是模糊的, 因此, 可把各个目标函数的理论解和较优解均视为目标函数空间的模糊子集, 用隶属函数表示各较优解对理论解的隶属程度, 再由隶属度分别求出各个较优解与理论解的贴近程度(即相对海明距离)。相对海明距离越小, 则该较优解与理论解的贴近程度越大, 应为最佳方案; 反之, 相对海明距离越大, 则说明该较优解与理论解的贴近程度越小, 偏离最佳方案越远。

理论解为:

$$F^* = [f_1^*, f_2^*, \dots, f_m^*] \quad (8)$$

由上面计算的各较优解为:

$$\begin{aligned} F_1 &= [f_{11}, f_{12}, \dots, f_{1m}] \\ F_2 &= [f_{21}, f_{22}, \dots, f_{2m}] \\ &\dots\dots\dots \\ F_q &= [f_{q1}, f_{q2}, \dots, f_{qm}] \end{aligned} \quad (9)$$

式中: m 为目标函数的个数; q 为较优方案的个数。由于较优解集的各个目标函数值是分布在理论解中相应单目标函数值的附近, 因此可以认为各较优解对理论解的隶属函数是对称的, 于是选用正态分布的隶属函数:

$$u(f_{rj}) = \exp \left[- \left(\frac{f_{rj} - f_j^*}{\frac{1}{q} \sum_{r=1}^q |f_{rj} - f_j^*|} \right)^2 \right] \quad (10)$$

($r = 1, 2, \dots, q; j = 1, 2, \dots, m$)

由上式可求得模糊化的较优解为:

$$\begin{aligned} F_1 &= [u(f_{11}), u(f_{12}), \dots, u(f_{1m})] \\ &\sim \\ F_2 &= [u(f_{21}), u(f_{22}), \dots, u(f_{2m})] \\ &\sim \\ &\dots\dots \end{aligned} \quad (11)$$

$$F_q = [u(f_{q1}), u(f_{q2}), \dots, u(f_{qm})]$$

模糊化的理论解为:

$$\begin{aligned} F^* &= [u(f_1^*), u(f_2^*), \dots, u(f_m^*)] \\ &\sim \\ &= [1, 1, \dots, 1] \end{aligned} \quad (12)$$

各较优模糊解与模糊理想解间的海明距离由下式计算:

$$d_r(F_r, F^*) = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m |u(f_{rj}) - u(f_j^*)| \quad (13)$$

2. 关联度分析

关联度分析是系统分析中的技术方法。它是通过分析系统中各因素的关联程度来判定两系统的相似程度。因此在最佳方案的挑选中, 我们可以借助关联度分析, 通过分析各较优解的 σ 、 β 和 γ 三个目标函数值与理论解

这三个目标函数值间的总体相似程度, 帮助我们进行最佳方案的选择。关联度越大, 则说明该较优方案越接近理论方案, 反之, 则为最差方案。

各模糊较优解与模糊理论解的关联度计算公式为:

$$\begin{aligned} \omega_r &= \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \xi_r(j) \\ \xi_r(j) &= \frac{\min_j \min_j |f_j^* - f_{rj}| + \rho \max_j \max_j |f_j^* - f_{rj}|}{|f_j^* - f_{rj}| + \rho \max_j \max_j |f_j^* - f_{rj}|} \end{aligned} \quad (14)$$

式中 ω_r 为第 r 个模糊较优解与模糊理论解的关联度。 $\min_j \min_j |f_j^* - f_{rj}|$ 称为两级最小差, 表示在 m 个目标函数中首先找到最小值, 然后在 q 个较优方案中找出进一步的最小值。 $\max_j \max_j |f_j^* - f_{rj}|$ 称为两级最大差; ρ 为分辨系数, 一般取 $\rho = 0.5$ 。

从上面分析不难看出: 相对海明距离分析是对各较优解与理论解的各因素间的贴近程度进行分析, 而关联度分析则是对各因素间的总相似程度进行分析, 它们从不同的侧面进行较优方案的综合评判。在实际的最佳方案选择中, 我们以三个目标函数 σ 、 β 和 γ 作为评价计算的因素 (即 $m = 3$), 其三个目标函数的理论解均为 0, 即 $F^* = [0, 0, 0]$ 。以上面介绍的综合总目标函数最优化计算的各较优方案为选择总样本, 通过计算的相对海明距离和关联度的大小, 将各方案从好到差排出名次, 最后选出最佳方案。

ZX 水驱气藏储量与水侵量计算

1. 静态动态参数及计算初值

ZX 气藏 1975~1988 年生产数据和地层压力见表 1。

表1 ZX气藏历年生产数据表

时间 (年)	G_p (10^8m^3)	W_p (10^4m^3)	W_i (10^4m^3)	p (MPa)	p/Z (MPa)
1975	1.71	0.02	0	26.72	29.33
1976	2.97	0.04	0	26.05	28.76
1977	4.86	0.07	0	25.85	28.59
1978	8.25	0.25	0	24.97	27.82
1979	12.90	0.77	0	23.97	26.91
1980	16.99	2.97	0.91	23.23	26.22
1981	19.91	9.15	4.90	22.75	25.76
1982	22.38	13.89	9.43	22.34	25.36
1983	24.57	15.79	11.33	21.90	24.93
1984	26.58	18.77	12.29	21.45	24.47
1985	28.60	20.82	15.16	21.10	24.12
1986	30.74	23.23	18.04	20.70	23.70
1987	32.84	25.72	20.85	20.35	23.34
1988	34.95	28.00	23.29	19.99	22.96

ZX气藏储层为致密低孔低渗裂缝—孔隙型砂岩储层,厚度50~100m;岩心孔隙度为3~10%,渗透率为 $0.05 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、平均束缚水饱和度38.38%;岩石和地层水压缩系数分别为 $9.36 \times 10^{-4} \text{ 1/MPa}$ 和 $4.15 \times 10^{-4} \text{ 1/MPa}$;储层综合压缩系数为 $13.78 \times 10^{-4} \text{ 1/MPa}$;地下水粘度为 $0.4373 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 。

从气藏边部各井的动态特征和见水井见水时间的先后顺序,以及背斜长轴与短轴之比大于3分析,水侵模型为边水线性模型。在线性水侵模型 F ,无因次水侵量(F_D)只与无因次时间(t_D)有关,而与无因次半径(r_D)无关。取水区范围(L)为1000~25000m;以背斜北端彰明断层和双河口断层间距离作为进水宽度(b),为2000m。由基本参数可算出水侵常数和无因次时间步长的取值范围。

水侵常数:

上限值: $B = Lbh\phi C_i = 25000 \times 2000 \times$

$$100 \times 0.1 \times 13.78 \times 10^{-4} = 6.89 \times 10^5$$

(m^3/MPa)

$$\text{下限值: } B = Lbh\phi C_i = 1000 \times 2000 \times 50 \times 0.03 \times 13.78 \times 10^{-4} = 0.0413 \times 10^5$$

(m^3/MPa)

无因次时间步长:

$$\begin{aligned} \text{上限值: } \Delta t_D &= \frac{8.64 \times 10K}{\phi\mu_w C_i L^2} \\ &= \frac{8.64 \times 10 \times 1 \times 10^{-3}}{0.03 \times 0.4373 \times 13.78 \times 10^{-4} \times 1000^2} \\ &= 4.78 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{下限值: } \Delta t_D &= \frac{8.64 \times 10K}{\phi\mu_w C_i L^2} \\ &= \frac{8.64 \times 10 \times 0.05 \times 10^{-3}}{0.1 \times 0.4373 \times 13.78 \times 10^{-4} \times 25000^2} \\ &= 1.15 \times 10^{-7} \end{aligned}$$

计算的取值范围是: $B: 0.02 \times 10^5 \sim 7 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{MPa}$; $\Delta t_D: 1 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-2}$ 。在此范围内,按一定的间隔取计算点: B 取0.02、0.06、0.1、0.5、1、2、3、4、5、6、7 $\times 10^5 \text{ m}^3/\text{MPa}$ 共11个值; Δt_D 取 1×10^{-7} 、 5×10^{-7} 、 1×10^{-6} 、 5×10^{-6} 、 1×10^{-5} 、 5×10^{-5} 、(1、2、3、4、5、6、7、8、9) $\times 10^{-4}$ 、(1、2、3、4、5、6、7) $\times 10^{-3}$ 、 1×10^{-2} 共23个值;取储量计算初值为 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$;由此排列组合得253个计算方案,利用综合总目标函数最优化的计算机程序,对253个方案分别进行最优化计算,最后得到253个较优方案。

2. 最佳方案的挑选和评价

利用上面介绍的相对海明距离和关联度分析方法编制的计算机程序,以253个较优方案为挑选样本,以驱动指数均方差(σ)、视压降与采出程度偏差指数(β)和综合总目标函数(γ)三者为分析因素,进行最后的名次排序,排出的前10个方案的各项指标与名次顺序列于表2中。

表 2 前 10 个方案各项指标一览表

计 算 初 值			计 算 结 果				目标函数值			海明距离	关联度	名次顺序
G (10^8m^3)	B ($10^5\text{m}^3/\text{MPa}$)	Δt_0	G (10^8m^3)	B ($10^5\text{m}^3/\text{MPa}$)	Δt_0 (10^{-4})	W_c (10^4m^3)	σ	β (10^{-4})	γ	(d_i)	(α_i)	
100	5	2×10^{-3}	117.70	6.01	9.16	391.10	0.7022	7.64	0.702964	0.550163	0.701253	1
100	7	4×10^{-3}	116.16	6.37	8.47	412.88	0.7047	7.84	0.705484	0.551923	0.692267	2
100	6	5×10^{-4}	116.12	6.37	8.54	413.35	0.7045	7.88	0.705288	0.552301	0.683061	3
100	7	3×10^{-4}	115.13	6.55	8.50	424.90	0.7056	7.83	0.706383	0.552467	0.680234	4
100	7	5×10^{-4}	114.31	6.67	8.77	433.48	0.7057	7.84	0.706484	0.552501	0.678534	5
100	7	6×10^{-4}	113.33	6.84	8.79	444.54	0.7067	7.78	0.707478	0.552751	0.667459	6
100	7	7×10^{-4}	110.82	7.26	9.05	472.18	0.7087	7.65	0.709467	0.552755	0.663068	7
100	5	5×10^{-3}	116.82	6.26	8.41	405.71	0.7041	7.89	0.704889	0.552782	0.660095	8
100	6	4×10^{-3}	109.04	7.56	9.16	492.03	0.7104	7.54	0.711154	0.552813	0.659328	9
100	6	5×10^{-4}	116.12	6.37	8.54	413.35	0.7145	7.88	0.715288	0.552819	0.656247	10

从表 2 中不难看出:(1)各较优方案的 σ 、 β 、 γ 值高低不一致,用以往常方法进行最佳方案挑选是比较困难的。(2)应用相对海明距离和关联度分析是可以把各较优方案间的微小差异和目标函数值间的高低不一致性以定量指标的形式反映出来,这给我们进行最佳方案的挑选带来了方便。

表 2 中名次第一者则为 ZX 气藏的最佳方案。储量 $G = 117.702 \times 10^8 \text{m}^3$;水侵常数 $B = 6.01 \times 10^5 \text{m}^3/\text{MPa}$;无因次时间步长 $\Delta t_0 = 9.16 \times 10^{-4}$;1988 年底累积水侵量 $W_c = 391.10 \times 10^4 \text{m}^3$;由水侵常数计算的水体储量为 $V_w = B/C_i = 4.36 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

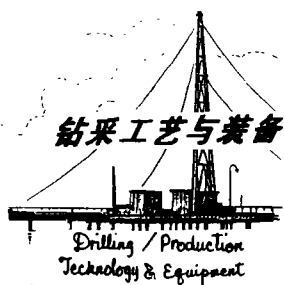
就最佳方案从以下两方面给予评价:

(1)动态方面:如前所述,驱动指数均方差(σ)从能量百分数的角度反映了实际气藏历年总驱动指数与理论气藏的偏差平方和;视压降与采出程度偏差指数(β)反映了计算的储量、水侵量、视压降、采出量这四者历年的理论搭配好坏;它们均反映出不同侧面的动态特征,指标的高低,则反映了计算结果与实际气藏和理论气藏动态特征吻合程度的好

坏。最佳方案的 $\sigma = 0.7022$, $\beta = 7.64 \times 10^{-4}$, $\gamma = 0.702964$, 是 253 个较优方案中相对较小的,因此,动态吻合程度也是最好的。

(2)地质特征方面:根据地质参数计算的水侵常数范围为 $0.02 \times 10^5 \sim 7 \times 10^5 \text{m}^3/\text{MPa}$;无因次时间步长范围为: $1 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-2}$,最佳方案水侵常数为 $6.01 \times 10^5 \text{m}^3/\text{MPa}$,无因次时间步长为 9.16×10^{-4} ;其值均在靠近取值范围的上限部分。这说明 ZX 气藏水侵要求有高渗透带,这同气藏沿裂缝发育带水窜的实际特点相一致。或者说明水区范围相对较小,这与气藏实际动态反映的水体不可能太大结论是相符合的,这点从计算的水体储量也可以证明。

(3)与前几次结果对比:这次储量比前几次动态法结果($100 \times 10^8 \text{m}^3$)增大了 17%,水体体积比美国柏克德公司的 $7.2 \times 10^8 \text{m}^3$ 小 39.4%,这是由于随着气藏的开采,在地质认识上,水侵模型选择上,计算方法上都有明显差别所致。特别是水侵模型由底水改为边水,径向流水侵改为线性水侵、两个压力系统改为一个系统。客观地说该结果是相对合理的。



注水泥过程中的U型管效应

钟 兵* 刘绪全

(西南石油学院)

内容提要 本文分析了注水泥过程中产生U型管效应的原因,建立了模拟注水泥全过程的数学模型,进行了实例计算并对有关因素进行了详细分析。

主题词 固井注水泥 U型管效应 数学模型

固井注水泥过程中注入的各种流体(水泥浆、隔离液、前置液、替泥浆等)及原浆的密度是各不相同的,当这种密度差使得管内外液柱压力不相等时,就会出现所谓的U型管效应,即当管内液柱压力大于环空压力时,返出排量将大于井口注入排量,并在管内井口处出现真空段。之后,若环空液柱压力逐渐大于管内压力,则真空段逐渐减小直至完全消

失,此时返出排量又等于注入排量。这种客观存在的U型管效应可能给固井施工带来一系列危害。例如,由于环空返出排量可能大于也可能小于注入排量,所以不能保证环空各部分水泥浆的流态自始至终都是紊流,不能保证其流速都大于所需的临界值,因而固井质量难以保证。另外,若环空返速过大,所增加的环空摩阻压降有可能使套管鞋附近的薄

结 论

(1)综合总目标函数从不同侧面全面地反映了计算结果与气藏实际动态规律的吻合程度,又反映了计算结果与气藏理论动态与气藏理论动态规律的偏差程度。其综合总目标函数最优化方法在计算水驱气藏储量和水侵量时,比以往单目标最优化方法更具综合性和代表性。

(2)在进行最佳方案的挑选时,由于各目标函数值间不具高低一致性,应用相对海明距离分析和关联度分析,可以综合定量地反映各较优方案的好坏程度,使最佳方案的挑选变得直观和简单。

(3)ZX水驱气藏储量为 $117.702 \times 10^8 \text{ m}^3$,1988年底累积水侵量为 $391.1 \times 10^4 \text{ m}^3$,水体储量为 $4.36 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

参 考 文 献

- 1 史乃光等.最优化方法在气藏储量计算中的应用.天然气工业,1987;4
- 2 刘学中等.用关联度和海明距离确定多目标优化问题的最优解.西南石油学院学报,1990;1
- 3 陈元千著.油气藏的物质平衡方程式及其应用.北京:石油工业出版社,1984

(本文收稿 1992-12-28)

* 637001,四川省南充市。

Kuang Jianchao, Shi Naiguang and Yang Zhengwen: A Optimization Way of Synthesizing Overall Target Function to Calculate Reserve and Water Influx of Water Drive Gas Reservoir, NGI 13(6), 1993; 41~47

The method of calculating the reserve and water influx of water drive gas reservoir by using material balance method is improved. The optimum way of synthesizing overall target function is proposed which is, after calculating a vast amount of good schemes, through placing them in a competition by using relative Hamming distance and correlatively analysis to choose out the best one.

Subject Headings: water drive gas reservoir, synthesizing overall target, function, reserve, water influx, optimum way, optimum scheme choice.

DRILLING/PRODUCTION TECHNOLOGY AND EQUIPMENT

Zhong Bin and Liu Xuquan: U Shape Tube Effect in the Process of Cementing, NGI 13(6), 1993; 47~50

The reason of producing U shape tube effect in cementing process is analyzed in this paper. A mathematical model of the whole cementing process is set up to calculate the concrete instance and study the relevant factors thoroughly.

Subject Headings: cementing, U shape tube effect, mathematical model.

Jiang Wei: Application of Top Drive Drilling in Area 36—1, NGI 13(6), 1993; 51~53

The top drive drilling technique was applied in the oil field SZ36—1 in Liaodong Bay of Bohai and its advantages are able to shorten drilling cycle and save drilling cost as to obtain a favorable economic benefit and accelerate the proceeding of developing oil field. It is necessary to master the technique and correctively cognize its characters for developing and constructing oil field.

Subject Headings: Bohai, Liaodong Bay, oil field SZ36—1, drilling technique, drilling cost, oil field development.

Mu Fei and Song Shufang: Influence of Upper Nozzle's Passage Shapes of Pulse Nozzle on Jet Flow Properties, NGI 13(6), 1993; 53~57

This paper studies the influence of upper nozzle's passage shapes (such as streamlined, tapered, equal change speed and three times curve shapes) of pulse nozzle on jet flow properties. The result from testing can help optimizing pulse nozzle and instructing field application. The influence of pump pressure on the characters of pulse jet flow is also studied in normal pump pressure, and the priming pulse pressure of causing pulse jet flow is obtained.

Subject Headings: pulse nozzle, upper nozzle, flow passage shape, pulse range, pulse jet flow character.

Chen Yuanquan: A Method of Calculating Condensate Equivalent Gas Volume and Its Application, NGI 13(6), 1993; 57~60

A method of calculating condensate equivalent gas volume is shown in this paper. It can be used to