

文章编号:1001-6112(2012)05-0522-05

SEC上市油气储量指数递减曲线评估法参数研究

刘麟,金忠康,潘雪峰

(中国石油化工股份有限公司 江苏油田分公司,江苏 扬州 225009)

摘要:通过采用单因素数理分析法,对 SEC 上市油气储量指数递减曲线评估法中的 Arps 递减曲线方程进行了特征分析。认为影响上市油气储量评估结果的主要影响参数可以分为 2 类,一类是油藏参数,另一类是经济参数;并确定出几个重要影响参数与 SEC 油气储量之间的数理方程。由此,可以定量确定几个重要影响参数对 SEC 油气储量的影响规律、影响程度;并且可以通过储量方程定量调整各主要影响参数之间的数量关系来促进油气储量评估结果的稳定,同时也达到减少油气田新增勘探区块投入开发的目的,最终促进 SEC 油气储量替代率的稳定。

关键词:SEC 油气储量;初始产油量;递减率;油气价格;操作成本;指数递减曲线

中图分类号:TE15

文献标识码:A

Parameters of index diminishing method in SEC standard evaluation of oil and gas reserves

Liu Lin, Jin Zhongkang, Pan Xuefeng

(SINOPEC Jiangsu Oilfield Company, Yangzhou, Jiangsu 225009, China)

Abstract: Using single factor analysis method, the Arps diminishing curve equation of the index diminishing method in the SEC standard evaluation of oil and gas reserves was studied. The main controlling factors for reserve evaluation were classified into 2 types, the reservoir ones and the economic ones. Several mathematical equations between the controlling factors and the SEC reserves were established. In this way, the influencing laws and degrees of the controlling factors on the SEC reserves were determined quantitatively. The evaluation results were improved by adjusting the quantitative relationship among the controlling factors. The investment for new petroleum exploration blocks was reduced and the SEC oil and gas reserve substitution rate was stabilized.

Key words: SEC oil and gas reserve; initial oil product; diminishing rate; oil and gas price; operating cost; index diminishing curve

在美国纽约成功上市的中国三大石油公司,油气储量资产作为其核心资产,每年都将按照美国证券交易委员会(SEC)的评审规则进行上市油气储量的评估和信息披露^[1];国际上市油气储量评估结果的稳定对上市石油公司的股票价值有着重大意义,股票价值的提升将直接提高上市石油公司的国际融资能力和国际竞争能力。因此,对 SEC 油气储量评估中的各个重要影响参数进行定量研究是十分重要的,合理控制各个重要影响参数,既可以减少油气田新增勘探区块的投入开发,也可以促进 SEC 油气储量评估结果的稳定。

1 SEC 油气储量动态评估法概述

动态评估法是 SEC 对证实已开发油气储量评估最为常用的方法,主要包括递减曲线分析法、物

质平衡法、油藏模拟法等^[2]。广泛使用的递减曲线分析法有多种,包括:月产油量与时间关系曲线法、含油率与累积产油量关系曲线法、含水率与累积产油量关系曲线法、水油比与累计产油量关系曲线法。

在实际 SEC 油气储量评估操作过程中,最常采用的是月产油量与时间关系递减曲线分析法。这种动态评估方法是在产量测算、收入测算、操作成本测算、税收测算、资本性支出测算等基础上,主要采用现金流法来计算已开发油气藏的 SEC 剩余经济可采油气储量。

对于已开发油气藏的产量预测,工业界公认的月产油量与时间关系递减曲线法的递减类型有 3 种:指数递减类型、双曲递减类型及调和递减类型^[3-5]。

收稿日期:2012-05-17;修订日期:2012-07-25。

作者简介:刘麟(1978—),女,硕士,工程师,从事油田储量计算工作。E-mail:dyliulin.jsyt@sinopec.com。

Arps 月产油量与时间关系递减曲线分析法中给出了以上3种油藏递减类型的剩余经济可采储量的递减曲线方程^[6]:

$$\text{指数递减类型: } N_e = (q_i - q_e) / d \quad (1)$$

$$\text{调和递减类型: } N_e = \frac{q_i \ln \frac{q_i}{q_e}}{d} \quad (2)$$

$$\text{双曲递减类型: } N_e = \frac{q_i^n}{(1-n)d} [q_i^{(1-n)} - q_e^{(1-n)}] \quad (3)$$

式中: N_e 为剩余经济可采储量; q_i 为初始月产油量; q_e 为经济极限产油量; d 为递减率; n 为递减指数。

指数递减类型和调和递减类型都是双曲递减类型的特殊形式; 在双曲递减类型方程式中, 当 $n=0$ 时, 方程式变形为指数递减类型; 当 $n=1$ 时, 方程式变形为调和递减类型。

在实际的 SEC 油气储量的评估操作过程中, SEC 油气储量评估公司按照 SEC 谨慎稳健性原则, 对油气藏递减类型的评估最常采用的是指数递减类型。

在指数递减法中, 因为指数递减曲线在半对数坐标图上呈一条直线, 所以指数递减又称作常数百分递减或半对数递减。因此, 指数递减是动态油气储量评估过程中最常采用的评估方法^[7]。

2 评估指数递减法参数分析

2.1 经济极限产油量参数分析

SEC 经济极限产量是指扣除可变操作成本及税金后的收益正好能抵消评估单元固定操作成本的产量, 即利润为 0 时的产量^[8]。即有下式成立:

利润 = 销售收入 - 固定操作成本 - 可变操作成本 - 税收 = 0

即: 产量 × (油价 - 油价 × 综合税率 - 单位可变操作成本) - 固定操作成本 = 0

由此, 油气经济极限产油量数理表达式为:

$$q_e p - q_e p t - q_e \left(\frac{(1-a)c}{Q} - \frac{ac}{10} \right) = 0 \quad (4)$$

$$\text{那么, } q_e = \frac{ac}{10p(1-t) - \frac{10(1-a)c}{Q}} \quad (5)$$

式中: p 为油气价格; t 为综合税率; c 为总操作成本; a 为固定成本劈分比例; Q 为总产量。

经济极限产量限定了 SEC 动态油气储量评估中的未来经济开采年限和剩余经济可采储量。根

据 Arps 递减曲线分析原理, 其与 SEC 油气储量的定量关系可表示为公式(1): $N_e = (q_i - q_e) / d$ 。

由此, 可以得到结论: SEC 油气储量与经济极限产量的数理关系是呈线性反比关系。

2.2 油气价格参数分析

油气价格(简称油价)是 SEC 油气储量的重要影响因素^[9], 采用评估年每月 1 日油价的平均值^[10]。将式(5)代入到式(1), 以油价为自变量进行单因素分析, 可以得到油价与 SEC 油气储量的数理方程, 即:

$$N_e = \left[q_i - \frac{ac}{10p(1-t) - \frac{10(1-a)c}{Q}} \right] / d \quad (6)$$

由此, 根据式(6)的数理方程, 可以判定在油价的有效取值区间 $(0, +\infty)$, SEC 油气储量与油价呈非线性正相关关系, 简单地说, 即: 油气储量随油价增加而增加。

由于式(6)是初等函数, 因此, 在油价整个取值区间, 油气储量方程都是连续可微分的。

将油气储量方程对油价求取一阶导数, 可以得到一阶导函数方程:

$$N_e' = \lim \frac{\Delta N_e}{\Delta p} = \frac{10acQ^2 d(1-t)}{[10pQd(1-t) - 10cd(1-a)]^2} > 0 \quad (7)$$

由式(7)可以判定: (1) SEC 油气储量随油价单调递增; (2) SEC 油气储量的一阶导数 N_e' , 随油价增加而减小, 因此, 高油价下, 油气储量对油价变动敏感性弱; 低油价下, 油气储量对油价变动敏感性强。当 $N_e' = 1$ 时, 可以找到油气储量对油价变动敏感性强弱的“分界点油价值”, 即: $N_e' = 1$, 根据式(7), 可以求解到:

$$p = \frac{Q\sqrt{10acd(1-t)} + 10cd(1-a)}{10Qd(1-t)}$$

2.3 固定成本劈分比例参数分析

在实际的 SEC 油气储量评估操作过程中, 将总操作成本劈分为固定成本和可变成本进行资产评估^[11]。

在总操作成本中, 部分成本是相对固定的, 不随油气产量、液量的变化而变化, 这部分成本称之为固定成本; 其余部分成本将随油气产量、液量的变化而变化, 这部分成本称之为可变成本^[12]。

将式(6)变形为:

$$N_e = \frac{q_i}{d} - \frac{acQ}{10pQd(1-t) - 10cd(1-a)} \quad (8)$$

对于式(8),以固定成本劈分比例为自变量,即得到固定成本劈分比例与 SEC 油气储量的数理方程式。

经过数理证明,式(8)函数是连续可微分的,证明如下:

$$\lim_{\Delta a \rightarrow 0} \frac{\Delta N_e}{\Delta a} = \frac{\frac{q_i}{d} - \frac{a_2cQ}{10pQd(1-t) - 10cd(1-a_2)} - \left[\frac{q_i}{d} - \frac{a_1cQ}{10pQd(1-t) - 10cd(1-a_1)} \right]}{a_2 - a_1} = \frac{10Qdc^2 - 10pdcQ^2(1-t)}{[10pQd(1-t) - 10cd(1-a_2)]^2} \quad (9)$$

式中: a_1 为初始固定成本劈分比例; a_2 为变动后固定成本劈分比例。

由于式(9)极限存在,所以,数理证明结论是:SEC 油气储量对固定成本劈分比例参数的函数是连续可微分的。

由此,将 SEC 油气储量方程对固定成本劈分比例参数求取一阶导数,可以得到一阶导函数方程:

$$N_e' = \frac{10cQd[c-pQ(1-t)]}{[10pQd(1-t) - 10cd(1-a_2)]^2} < 0 \quad (10)$$

所以,由式(10)小于零可以判定:式(8)是单调递减函数,即:SEC 油气储量随固定成本劈分比例的增加而减小。

2.4 递减率参数分析

在指数递减法中,递减率是影响 SEC 油气储量最为重要的因素之一。由式(6),以递减率为自变量,可以得到 SEC 油气储量与递减率的数理方程。由于在式(6)中是以递减率为自变量,所以,式(6)的函数是初等函数。由此,函数在自变量整个取值区间是连续可微分的。

将 SEC 油气储量方程对递减率求取一阶导数,可以得到一阶导函数方程:

$$N_e' = \lim_{\Delta d \rightarrow 0} \frac{\Delta N_e}{\Delta d} = \frac{acQ}{d^2} \frac{q_i - q_e}{10pQ(1-t) - 10(1-a)c} \quad (11)$$

因为,式(11)中分子是 $q_e - q_i < 0$,所以,式(11)中 $N_e' < 0$ 。

由此可以得到结论:(1)SEC 油气储量随递减率的增大而减小;(2) $|N_e'|$ 本身单调递减。由此,

存在 $N_e' = -1$ 时,求解得到 SEC 油气储量对递减率变动敏感性强弱的“分界点递减率值”。求解“分界点递减率值”为:

$$d = \sqrt{q_i - \frac{acQ}{10pQ(1-t) - 10(1-a)c}} \quad (12)$$

由此,在低递减率下,SEC 油气储量对递减率敏感性强;在高递减率下,SEC 标准油气储量对递减率敏感性弱。

2.5 SEC 油气储量对油价参数与对递减率参数敏感性强弱对比分析

2.5.1 差异数理分析

在 SEC 油气储量评估过程中,可以从数理证明的角度,判定 SEC 油气储量对哪些影响参数最为敏感,从而在评估操作过程中实现对敏感性参数变动的严格控制,最终实现 SEC 油气储量评估结果的稳定。

将 $\left| \lim_{\Delta d \rightarrow 0} \frac{\Delta N_e}{\Delta d} \right| - \left| \lim_{\Delta p \rightarrow 0} \frac{\Delta N_e}{\Delta p} \right|$ 进行分析,可以得到 SEC 油气储量对油价与对递减率敏感性强弱的差异:

$$\left| \lim_{\Delta d \rightarrow 0} \frac{\Delta N_e}{\Delta d} \right| - \left| \lim_{\Delta p \rightarrow 0} \frac{\Delta N_e}{\Delta p} \right| = \frac{q_i}{d^2} - \frac{q_e}{d^2} \left\{ 1 + \frac{10Qd(1-t)}{[10pQ(1-t) - 10(1-a)c]} \right\} \quad (13)$$

在式(13)中,

$$\frac{10Qd(1-t)}{10pQ(1-t) - 10(1-a)c} = \frac{10d(1-t)}{10p(1-t) - 10 \frac{(1-a)c}{Q}} < 1$$

$$\text{令: } \frac{10Qd(1-t)}{10pQ(1-t) - 10(1-a)c} = \varepsilon < 1$$

由此,式(13)右部变形为:

$$\frac{q_i}{d^2} - \frac{q_e}{d^2} (1 + \varepsilon) \quad (14)$$

所以,在生产实践中,如果油气藏经济生产年限超过 2 年,则式(14)中 $\frac{q_i}{d^2} - \frac{q_e}{d^2} (1 + \varepsilon) > 0$

$$\text{由此,式(13)} \left| \lim_{\Delta d \rightarrow 0} \frac{\Delta N_e}{\Delta d} \right| - \left| \lim_{\Delta p \rightarrow 0} \frac{\Delta N_e}{\Delta p} \right| > 0$$

由此可以得到结论:在油气经济生产年限超过 2 年的情况下,在油价和递减率各自的整个取值区间,都存在 SEC 油气储量对递减率变动的敏感性

强于对油价变动的敏感性。

2.5.2 油价参数与递减率参数相互间调整的数理关系

在SEC油气储量评估过程中,各评估年度的油价参数有所变动,甚至变动幅度较大;同时,各评估年度的油气藏递减率参数也有所变动。由于油价参数和递减率参数对SEC油气储量评估都是重要影响参数,所以,为促进年度SEC油气储量的稳定性,可以将油价参数和递减率参数进行相互间的定量调整。

根据式(6),假定油价和递减率变动后,SEC油气储量不变化,则有:

$$\left[q_i - \frac{ac}{10p_1(1-t) - \frac{10(1-a)c}{Q}} \right] / d_1 = \left[q_i - \frac{ac}{10p_2(1-t) - \frac{10(1-a)c}{Q}} \right] / d_x \quad (15)$$

式中: p_1 为原油价; p_2 为变动后油价; d_1 为原递减率; d_x 为变动后递减率。

$$\text{求解得到: } d_x = \left[1 + \frac{10(1-t)Q \times \Delta p}{10(1-t)Qp_2 - 10(1-a)c} \right] \times \left[1 - \frac{10q_i(1-t)Q \times \Delta p}{10q_i(1-t)Qp_1 - 10q_i c(1-a) - acQ} \right] d_1 \quad (16)$$

在式(16)中,显然 d_1 的系数不会超过 2。

结合油气储量对递减率的敏感性强于对油价的敏感性的规律,得到结论:由油价较大幅度变动而引起的储量波动可以通过调整递减率弥补,以减少油气储量损失,并减少新增勘探区块的投入开发,最终促进SEC油气储量的稳定。

2.6 SEC油气储量对递减率参数与对初始产量参数敏感性强弱对比分析

2.6.1 差异数理分析

由式(1),以初始产量为自变量,可以得到初始产量与SEC油气储量的数理函数。由于该函数是初等函数,所以,该函数是连续可微分的。

将储量函数对初始产量求取一阶导数,可以得到以下一阶导函数:

$$N_e' = \lim_{\Delta q_i \rightarrow 0} \frac{\Delta N_e}{\Delta q_i} = \frac{1}{d} \quad (17)$$

将式(17)减去式(11),得到:

$$\lim_{\Delta q_i \rightarrow 0} \frac{\Delta N_e}{\Delta q_i} - \lim_{\Delta d \rightarrow 0} \frac{\Delta N_e}{\Delta d} = \frac{q_i + d - q_e}{d^2} > 0 \quad (18)$$

由此可以得到结论:SEC油气储量对初始产量

变动的敏感性强于对递减率变动的敏感性。

2.6.2 初始产量参数与递减率参数相互间调整的数理关系

根据式(6),假定递减率和初始产量都变动后,SEC油气储量不变化,则有:

$$\left[q_{iA} - \frac{ac}{10p(1-t) - \frac{10(1-a)c}{Q}} \right] / d_A = \left[q_{iX} - \frac{ac}{10p(1-t) - \frac{10(1-a)c}{Q}} \right] / d_B \quad (19)$$

式中: q_{iA} 为初始产量; q_{iX} 为变动后初始产量; d_A 为初始递减率; d_B 为变动后递减率。

求解得到:

$$q_{iX} = \frac{d_B}{d_A} q_{iA} + \left(1 - \frac{d_B}{d_A} \right) q_e$$

结合SEC油气储量对初始产量的敏感性强于对递减率的敏感性的规律,可以得到结论:递减率增大而引起的储量减少,可以通过调高初始产量弥补,促进SEC油气储量的稳定。

2.7 SEC油气储量对初始产量参数与对油价参数敏感性强弱对比分析

结合上述已经证明的结论:SEC油气储量对初始产量的敏感性强于对递减率的敏感性,并且SEC油气储量对递减率的敏感性强于对油价的敏感性。得出结论:SEC油气储量对初始产量的敏感性强于对油价的敏感性;当油气价格变动后,可以调整初始产量促进SEC油气储量的稳定。

根据式(6),假定初始产量和油价都变动后,SEC油气储量不变化,则有:

$$\left[q_{iA} - \frac{ac}{10p_A(1-t) - \frac{10(1-a)c}{Q}} \right] / d = \left[q_{iX} - \frac{ac}{10p_B(1-t) - \frac{10(1-a)c}{Q}} \right] / d$$

求解得到:

$$q_{iX} = q_{iA} + \frac{acQ}{10P_A Q(1-t) + 10\Delta p Q(1-t) - 10(1-a)c} - \frac{acQ}{10P_A Q(1-t) - 10(1-a)c}$$

式中: P_A 为变动前油价; P_B 为变动后油价。

3 结论

1) SEC 油气储量对各重要影响参数的敏感性按由强到弱的顺序排列为:初始产量、递减率、油气价格。

2) SEC 油气储量与油价参数呈非线性正相关关系;并且,SEC 油气储量随油价的增高,对油价的敏感性降低,当油价低于分界点油价值时,SEC 油气储量对油价的敏感性强;当油价高于分界点油价值时,SEC 油气储量对油价的敏感性弱。

3) SEC 油气储量与递减率参数呈非线性负相关关系;并且,SEC 油气储量随递减率的增大,对递减率的敏感性降低,当递减率小于分界点递减率值时,SEC 油气储量对递减率敏感性强;当递减率大于分界点递减率值时,SEC 油气储量对递减率敏感性弱。

4) SEC 油气储量与经济极限产油量参数呈线性负相关关系。

5) 在 SEC 油气储量的评估过程中,可以通过 Arps 递减曲线方程对油气储量的各重要影响参数进行定量调整和控制,以此避免各重要影响参数较大幅度的变动而引起的 SEC 油气储量的太大波动,同时也可以减少每年度油气田新增勘探区块的投入开发,最终促进 SEC 油气储量评估结果和替代率的稳定。

参考文献:

[1] Etherington J R. Managing Your Business Using Integrated PRMS and SEC Standards[J]. SPE 124938,2009:1-12.

[2] 李敬松,孙义新. 油田开发经济评价[M]. 北京:石油工业出版社,2000.

[3] 贾承造. 美国 SEC 油气储量评估方法[M]. 北京:石油工业出版社,2004:93-113.

[4] 张玲,魏萍,肖席珍. SEC 储量评估特点及影响因素[J]. 石油与天然气地质,2011,32(2):293-302.

[5] 马东,刘波,董森,等. 一种计算储采比的新方法及其应用[J]. 断块油气田,2011,18(2):241-243,247.

[6] Arps J J. Analysis of Decline Curves[C]//A. I. M. E. Houston Meeting,1944:228-247.

[7] 刘志霞,刘桂玲,张素君. 储量评估软件(OGRE)的开发与应用[J]. 断块油气田,2005,12(4):34.

[8] 杨英珍. 经济因素在经济可采储量评估中的作用[J]. 内江科技,2006(3):128-129.

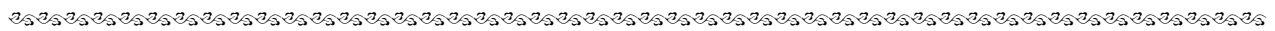
[9] 程晓珍,王亮,魏浩源,等. 浅析经济因素对 SEC 原油储量评估的影响[J]. 新疆石油地质,2008,29(6):785-787.

[10] Lee W J. Modernization of the SEC oil and Gas Reserves Reporting Requirements[J]. SPE123793,2009:4-10.

[11] 韩晓东. 试探经济因素在 SEC 储量评估中的作用[J]. 海洋石油,2004,24(3):45-49.

[12] 胡志方,杨园园,吴官生,等. 关于 SEC 油气储量评估及影响因素分析[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报),2006,28(2):48-49.

(编辑 徐文明)



(上接第 521 页)

系说明,对于同一油藏、同一储量计算单元、同一递减类型,经济极限不同,则估算储量也不同,经济极限越大,估算剩余经济可采储量越小,反之亦然。

2) 储量评估结果最初伴随着油价上升时,经济可采储量增加较大,但是当油价上升到一定程度时,由于经济极限产量变化缓慢,油价对剩余可采储量的影响很小,剩余经济可采储量几乎不再变化。

3) 操作成本的大小直接影响了经济极限产量的大小,从而对剩余经济可采储量产生影响,在总操作成本不变的前提下,固定成本占操作成本的比例越小,相应地可变成成本占操作成本的比例越高,计算的剩余经济可采储量就越多,经济极限产量就越小,反之亦然。

参考文献:

[1] 蒋新,孙秋分,赵启阳. SEC 新准则对在美国上市石油公司储量评估和披露的主要影响[J]. 国际石油经济,2010(10):20-23.

[2] 胡允栋,萧德铭,王永祥. 按 SEC 标准进行油气证实储量评估的基本原则[J]. 石油学报,2004,25(2):19-24.

[3] 张玲,魏萍,肖席珍. SEC 储量评估特点及影响因素[J]. 石油与天然气地质,2011,32(2):293-302.

[4] 马东,刘波,董森,等. 一种计算储采比的新方法及其应用[J]. 断块油气田,2011,18(2):241-243,247.

[5] 陈元千,孙兵. 确定油井经济极限产量和极限井控面积的简易方法[J]. 断块油气田,2010,17(1):55-56.

[6] 程晓珍,王亮,魏浩源,等. 浅析经济因素对 SEC 原油储量评估的影响[J]. 新疆石油地质,2008,29(6):785-787.

[7] 赵庆辉,陈淑凤,陈超,等. 动态储量评估中关于储量价值、折旧的影响因素探讨[J]. 特种油气藏,2011,18(2):132-134.

(编辑 徐文明)