

# SEC 石油储量替代率预测方法探讨

魏萍, 张玲, 翟中喜, 肖席珍, 郭鸣黎

(中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:** 储量替代率是反映石油公司经营状况特别是可持续发展潜力的重要指标,也是石油公司合理制定年度计划的重要依据和考核各分公司的重要指标。由于受很多不确定因素的影响,对储量替代率的准确预测难度很大。介绍了 SEC 储量替代率的内涵和特点,从 SEC 储量变化构成特点探讨了 SEC 储量替代率预测方法,即通过预测年度的“扩边及新发现”新增储量、“老区提高采收率”增加可采储量和“修正”储量这三部分的储量,进而预测 SEC 储量替代率。该方法具有简单、可操作性强的特点。利用该方法对 2011 年某油田的 SEC 储量替代率进行了预测和验证,并讨论了影响 SEC 储量替代率指标预测结果的 4 个主要因素。

**关键词:** SEC 储量替代率预测;储量构成;影响因素

中图分类号: TE01

文献标识码: A

## Forecasting methods of SEC reserves replacement rate

Wei Ping, Zhang Ling, Zhai Zhongxi, Xiao Xizhen, Guo Mingli

(SINOPEC Petroleum Exploration & Production Research Institute, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The reserve replacement rate is an important reflection of the management state of oil companies, especially in sustainable development. It is also an important indicator for oil companies to make annual plan and an important basis for branch company assessment. Because of many uncertain factors, it is very difficult to predict the reserve replacement rate. The connotation and characteristics of the SEC reserve replacement rate have been introduced in this paper, through forecasting three parts of the reserves, which include the annual “boundary extending and new discovery of new reserves”, “increasing recoverable reserves” and “correction” reserves. Then the SEC reserve replacement rate has been predicated. The method is simple and easy to operate. It has been applied in some oilfield to predict the SEC reserve replacement rate for the year 2011. Four main affecting factors for SEC reserves replacement rate have been discussed.

**Key words:** forecast of SEC reserves replacement rate; reserves component; affecting factor

油气储量替代率是反映石油公司经营状况特别是可持续发展潜力的重要指标,也是国家石油安全评价指标体系中的重要指标之一<sup>[1]</sup>。储量替代率表示新增油气储量对储量采出造成的储量减少的弥补,一般用当年新增油气储量/当年油气产量来表示。若储量替代率大于等于 1,则表示当年新增储量可以弥补当年生产所耗,对石油公司持续发展有较大的意义;若小于 1,则表示当年新增储量不能弥补油气生产带来的储量减少,公司的油气总储量在减少,可能会令市场对公司的发展前景失去信心<sup>[2]</sup>。根据储量管理的体系不同,油气储量替代率代表的含义也不同。针对国内探明储量和动用储量,对应“广义储量替代率”和“动用储量替代率”<sup>[3-6]</sup>。针对在美国上市的各大石油公司,所

披露的储量是遵循 SEC 准则评估的油气证实储量,其替代率指的是 SEC 储量替代率。由于储量替代率能够很好地表征勘探活动和开采活动,在一定程度上代表石油公司的发展潜力,因此可以通过对石油公司储量替代率的分析,来表示石油公司储量的变化和勘探活动的成果<sup>[7-8]</sup>。同样,对替代率的科学预测也是石油公司合理制定年度计划的重要依据。

## 1 SEC 油气储量替代率的内涵和特点

通常所说的 SEC 油气储量就是指在美国上市披露的储量,SEC 储量替代率也就是上市储量替代率,是在评估期经济条件下,年度新增的油气经济可采储量与年度产量的比值。是反映当年新增储

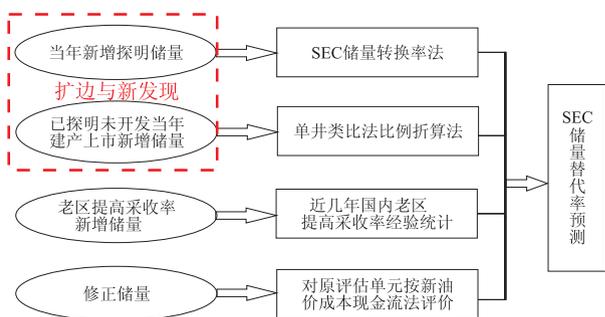


图1 SEC储量替代率预测方法流程

Fig.1 Flow chart of forecasting method for SEC reserves replacement rate

量对产量的替代情况,也是衡量资源公司可持续发展潜力的重要参数。

SEC储量替代率计算公式:

$$\text{SEC储量替代率} = 100\% \times (\text{本年底剩余经济可采储量} - \text{上年底剩余经济可采储量} + \text{本年度产量}) / \text{本年度产量} \quad (1)$$

从式(1)可以看出,SEC储量替代率具有连续性、经济性的特点<sup>[9]</sup>,上年度的储量评估结果直接影响下年度的替代率值。

在SEC储量变化构成上,年度新增经济可采储量由“扩边及新发现”新增可采储量、“老区提高采收率”新增可采储量、“对上年估计的修正”储量(经济因素、未开发钻井计划变化等)三部分构成(图1)。只要把握好了这三部分储量变化特点,基本可以预测SEC储量替代率。

(1)“扩边及新发现”新增可采储量:按照SEC评估准则,扩边与新发现增加的储量是指在“老”油藏通过增加钻井,含油面积增加而增加的证实储量;新发现油田或新发现油藏增加的证实储量<sup>[10-11]</sup>。针对我国油气勘探、开发、储量管理程序与特点,在油气生产活动中,“扩边及新发现”新增可采储量主要包括两部分:一是指当年上报的新增探明储量对SEC储量的贡献,本文简称“当年新增探明储量”;二是指往年探明未开发区块当年新建产能投入开发对SEC储量的贡献,这部分区块在以往未曾评估过SEC储量,属于当年新上市,在本文中简称“已探明未开发当年建产上市新增储量”。

(2)“老区提高采收率”增加可采储量:指已开发评估单元通过当年的开发新技术应用、开发调整和工艺措施改造等新增加的储量,简称“老区提高采收率新增储量”。

(3)“修正”储量:指油气价格、成本等经济因素,以及因未开发钻井计划、评估参数的调整变化

对上年估计储量的修正值,但主要指受油价、成本影响而产生的变化值。

## 2 石油替代率指标预测方法

本文探讨的SEC石油储量替代率预测方法,是根据SEC储量的构成特点进行替代率预测,即通过预测年度的扩边与新发现新增储量(当年新增探明、已探明未开发当年建产上市)、老区提高采收率新增储量和对上年估计的修正储量,进而预测SEC储量替代率(图1)。该方法有2个前提条件:一是假设上年底各评估单元的预测参数是合理的;二是假设评估未开发储量的钻井计划保持不变。

新增可采储量的预测基础来源于每年的勘探、开发、经济等计划任务。新增储量中,“扩边及新发现”、“老区提高采收率”和因油价成本变化导致的“修正”储量从内涵上相互独立,互不交叉重复。

### 2.1 当年新增探明储量预测

测算方法——SEC储量转换率法。

由于国内探明储量与SEC储量的评估计算是基于不同的规范和准则,因此国内每年上报的新增探明储量与SEC储量之间存在一定比例的差值<sup>[12-18]</sup>。我们将新增探明评估的SEC储量与国内新增探明技术可采储量比值的百分数称之为SEC储量转换率。因此,对当年新增探明储量预测采用SEC储量转换率法,这也是一种统计方法,即在统计近几年国内新增探明技术可采储量与SEC储量之间的转化率规律基础上,根据国内技术可采储量计划值进行测算。

$$\text{新增探明 SEC 储量} = \text{技术可采储量计划值} \times \text{SEC 储量转换率} \times 100\% \quad (2)$$

式中:SEC储量转换率是新增探明评估的SEC储量与国内新增探明技术可采储量比值的百分数。可以在统计3~5年实际转换率的基础上综合取值。

### 2.2 已探明未开发当年建产上市新增储量预测

预测方法——单井类比法、比例折算法。

即以年初下达的新区产能建设计划为基础,筛选出已探明未开发当年建产上市的区块,根据其动用储量和建产井数,采用单井类比法和比例折算法测算SEC储量。测算对象包括两类:第一类是上年未评估过SEC证实未开发储量的往年探明未开发区块;第二类是上年虽然已经评估过证实未开发储量,但建产井数与原评估计划井数存在增量的区块。

比例系数法: SEC 估算储量 = 计划动用的技术可采储量 × 比例系数 (3)

单井类比法: SEC 估算储量 = 单井 SEC 储量类比值 × 计划井数 (4)

其中, 比例系数的取值可以依据近年国内新增探明已开发储量的经济可采储量/技术可采储量之比确定, 经验值为 0.8。

### 2.3 老区提高采收率新增储量测算

预测方法——经验统计法。将国内可采储量标定的已开发老区年度新增可采储量作为“老区提高采收率”增加可采储量的测算依据, 并根据近 3 年的变化规律综合取值。

### 2.4 修正储量测算

主要考虑油气价格和成本对储量的影响值, 假设未开发储量的钻井计划保持不变。

预测方法——现金流法。对上年评估的所有资产单元, 利用预测年的油气价格、成本进行敏感性计算, 得到的储量值与原评估储量之间的差值即为油价、成本对储量的综合影响值。

测算原则为: 评估单元、评估方法、产量预测参数取值与上年的上市评估单元一致; 不考虑未开发钻井计划的变化。

### 2.5 方法可行性分析

以某油田实际评估资料为例, 采用按 SEC 储量构成的测算方法, 验算了 2011 年指标的预测值, 并与实际评估结果进行对比。

(1) 当年新增探明储量: 2011 年计划新增探明地质储量  $11\ 500 \times 10^4$  t, 技术可采储量  $2\ 535 \times 10^4$  t, 根据 SEC 储量转换率经验统计值和近 3 年的平均值, SEC 储量转换率 22.2%, 测算新增 SEC 储量 40 MMB。

(2) 已探明未开发当年建产上市新增储量: 通过对 2011 年初新区产能建设项目的逐块摸底, 筛选出往年探明但是未参与上市评估的当年新建产能区块共 14 个。其中, 第一类区块 10 个(即往年的探明未开发、未评估过 SEC 证实未开发储量的区块), 第二类区块 4 个(即上年虽然已经评估过 SEC 证实未开发储量, 但是 2011 年建产计划井数比上年评估总井数有增加的区块)。分别对以上两类区块按比例系数折算进行测算, 预计新增 SEC 储量 15 MMB。

(3) 老区提高采收率新增储量: 利用经验统计法, 主要参考 2008—2010 年 3 年的老区新增可采储量平均值, 测算 2011 年老区提高采收率新增储量 38 MMB。

(4) 修正储量(油价成本影响): 按 2011 年实际经济参数测算, 油价从 2010 年的 84.8 美元/桶涨到 2011 年的 118 美元/桶, 当量单位成本平均上涨 9%, 储量因此增加 78 MMB。

以上 4 个因素合计可新增储量 171 MMB。2011 年实际年产量 189 MMB, 测算石油替代率 90.5%, 实际 2011 年完成石油替代率 91.5%, 预测结果与实际完成情况基本吻合。

可见, 在经济条件与实际接近的前提下, 按 SEC 储量构成预测的 SEC 石油储量替代率指标与实际评估结果基本接近。该方法可以应用在今后的上市储量替代率指标预测中。

## 3 影响替代率预测结果的因素分析

利用 SEC 储量构成测算 SEC 储量替代率时, 各项预测参数均存在某些不确定因素, 对预测的 SEC 储量替代率结果会有一定影响, 主要体现在以下 4 个方面:

### 3.1 计划与实际的差异影响预测精度

当年新增探明的 SEC 储量是根据近 3~5 年的 SEC 储量转换率统计规律和年初的探明储量计划值测算的, 年底实际新增储量品位的变化和井控程度等因素都会影响预测值的相对准确性。同样, 已探明未开发区块当年建产新增上市储量的预测是根据年初的产能建设计划区块进行预测的, 但在执行过程中, 计划一般都会随着实施效果的变化而调整, 甚至区块都会改变, 因此也会直接影响测算值的准确性。

### 3.2 国内已开发老区年度新增可采储量的标定

“老区提高采收率”增加可采储量测算的基础是国内开发标定的老区年度新增可采储量, 前提条件是年度标定值要科学合理, 应该反映开发效果增减变化的净变化值。如果只标定可采储量增加的单元, 则老区新增可采储量与实际会有差距, 也将可能导致“老区提高采收率”增加可采储量的预测值出现误差。因此, 为了保证预测结果科学合理, 需要保证可采储量标定结果的科学性。

### 3.3 油价成本对 SEC 储量的影响

经济因素(油气价格、成本、税费等)对 SEC 储量有着明显的影响作用<sup>[19-20]</sup>, 随着油气价格上涨、成本降低, 储量呈正增长趋势。但是在高油价下也需要客观认识油价成本的影响程度。

首先, 油价上涨是保持 SEC 储量平稳的重要条件之一, 但是具有不可控性。当成本一定时, 高油价下储量进一步增长的空间并不乐观。由于受

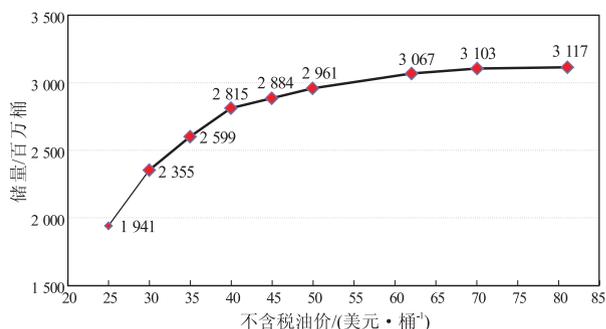


图2 油价与SEC储量的关系

Fig.2 Relationship between oil price and SEC reserves

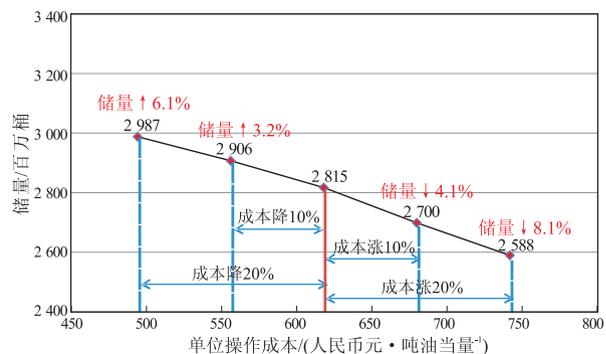


图3 单位操作成本变化与SEC储量的关系

Fig.3 Relationship between unit operating costs and SEC reserves

特别收益金的影响,油价对储量的增加效果是随着油价的上涨而逐渐变小的。当不含税油价超过40美元/桶后,油价对储量的影响幅度变小(图2)。另外,油价涨幅与储量增长幅度并不对应,当油价从70美元/桶上涨到81美元/桶时,油价上涨15.7%,但储量增加不到1%。

其次,在油价一定的情况下,成本对储量变化的影响基本呈线性比例关系,成本上涨对储量的负向影响远大于同等幅度的油价影响。实例计算表明(图3):当成本上涨10%,储量减少4.1%;当成本上涨20%,储量减少8.1%。但是从图2可以看到,当不含税油价从40美元/桶上涨到50美元/桶时,油价上涨25%,储量只增加5.2%,平均油价上涨10%增加储量比例2%左右。

可见,每年的SEC储量都与当年的油价、成本经济条件密切相关。如果要继续保持上年的储量水平,油价也需要继续保持并超过上年的涨幅,否则无法抵消成本上涨对储量的负向影响,替代率下降就在所难免。

### 3.4 证实未开发储量钻井计划和参数的变化对储量预测结果将会有一定影响

替代率指标测算方法中,没有考虑未开发储量

的变化,包括单元未来钻井计划的变化,以及未开发单元转已开发后评估参数的修正。实际每年的评估中,未开发单元的未来钻井计划总是有变化的。以某油田2008—2010年为例,3年的SEC评估未开发总井数分别为1297,1394,978口,评估证实未开发储量分别为113,130,100MMB,储量有增有减。可见,对证实未开发储量较多的油田,未开发计划的变化将是影响替代率指标的重要因素。另外,未开发单元转已开发后,受实际开发效果的影响,评估结果往往会上年差,从而也导致储量的负向修正。如某评估单元未开发转已开发后,储量由3.8MMB减少为0.4MMB,负向修正3.4MMB,导致石油储量的替代率远低于预测值。

## 4 结论

1)通过测算年度“扩边及新发现”、“老区提高采收率”和“修正”三部分构成的年度新增经济可采储量,进而预测未来SEC储量替代率指标,该方法具有客观、可信度高、操作性强的特点。

2)每年勘探计划、开发部署、经济因素是测算储量替代率指标的重要基础,但由于各类计划的不确定性和可变性,在对各分公司进行指标测算时,测算的结果可能存在偏差,下达SEC储量替代率指标时还应根据新增储量品位的变化和井控程度、计划实际执行情况等进行适当调整。

### 参考文献:

- [1] 何贤杰,刘增洁,吴初国,等.我国石油安全评价及建议[J].国土资源情报,2012(10):2-7.
- [2] 罗佐县.中外石油公司油气勘探开发生产要素投入效率分析[J].中外能源,2008,13(6):31-34.
- [3] 何蓉霞.储量替代率和储采比的研究现状[J].石油科技论坛,2009,1(3):54-56.
- [4] 凡哲元.油田储量替代率与稳产的关系[J].油气地质与采收率,2008(4):78-80.
- [5] 杨敏,靳佩.塔河油田奥陶系缝洞型油藏储量分类评价技术[J].石油与天然气地质,2011,32(4):625-630.
- [6] 李洁梅,谭学群,许华明,等.概率法储量计算在CLFS项目中的应用[J].石油与天然气地质,2012,33(6):944-950.
- [7] 徐腾,邓景澜.石油公司上游投资结构与储量替代率关系实证分析[J].中外能源,2012,17(12):17-22.
- [8] 张立伟,杨宪一.油气勘探开发投资比例与储量接替率关系探讨[J].资源与产业,2009,11(3):74-78.
- [9] 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.
- [10] 贾承造.美国SEC油气储量评估方法[M].北京:石油工业出版社,2004:221-223.
- [11] 许进进,任玉林,凡哲元,等.油价和成本对证实储量的影响[J].

石油与天然气地质,2012,33(4):646-649.

[12] 邓辞,陈同飞,刘志霞,等.江苏油田 SEC 静态储量潜力研究[J].石油实验地质,2012,34(5):527-530.

[13] 刘韵,张贵生,马丽梅.中国与 SEC 储量评估差异分析:以元坝长兴组元坝 103H 井区长二段气藏为例[J].石油实验地质,2012,34(5):514-517.

[14] 张玲,袁向春,林豪,等.国内储量计算与上市储量评估对比分析[J].中国西部油气地质,2006,2(3):245-248.

[15] 胡允栋,萧德铭,王永祥,等.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.

[16] 徐永梅.SEC 储量评估与中国储量评价的区别[J].企业科技与发展,2009,9(10):179-181.

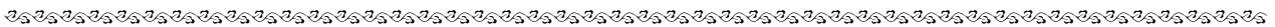
[17] 张伦友.国内外油气储量的概念对比与剖析[J].天然气工业,2005,25(2):186-189.

[18] 戴建军,常洪卫.SEC 储量评估与国内储量评估的差异[J].内江科技,2013(1):54-55.

[19] 李显路,龙卫江,余小红,等.河南油田 SEC 上市储量评估经济影响因素研究[J].石油实验地质,2012,34(5):518-521.

[20] 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.

(编辑 韩 或)



(上接第 693 页)

[12] Salager S, Rizzi M, Laloui L. An innovative device for determining the soil water retention curve under high suction at different temperatures[J].Acta Geotechnica,2012,6(3):135-142.

[13] Seiphoori A, Ferrari A, Laloui L. An advanced calibration process for a thermo hydro mechanical triaxial testing system[C]// International Symposium on Deformation Characteristics of Geomaterials. Séoul, August 31-Sept 2,2011.

[14] Josh M, Clennell B, Siggins T, et al. Wideband electrical/dielectric measurements from millihertz to gigahertz frequencies[C]// 77th Annual Meeting of the SEG, San Antonio, TX. Expanded Abstracts,2007:1701-1705.

[15] Josh M, Esteban L, Delle Piane C, et al. Laboratory characterisation of shale properties[J].Journal of Petroleum Science and Engineering,2012,88/89:107-124.

[16] Borysenko A, Clennell B, Sedev R, et al. Experimental investigations of the wettability of clays and shales[J].J Geophys Res,2009,114(7):1-11.

[17] Bayuk I O, Ammerman M. Elastic moduli of anisotropic clay[J].Geophysics,2007,72(5):107-117.

[18] Chesnokov E M, Tiwary D K. Mathematical modelling of anisotropy of illite rich shale[J].Geophysical Journal International,2009,178(3):1625-1648.

[19] Bachrach R. Elastic and resistivity anisotropy of shale during compaction and diagenesis:joint effective medium modeling and field observations[J].Geophysics,2011,76(6):175-186.

[20] Ulm F J, Abousleiman Y. The nanogranular nature of shale[J].

Acta Geotechnica,2006,1(2):77-88.

[21] Pervukhina M, Golodoniuc P, Gurevich B C, et al. An estimation of sonic velocities in shale from clay and silt fractions from the Elemental Capture Spectroscopy log[J].EAGE,2012.

[22] 刘伟新,王延斌,秦建中.川北阿坝地区三叠系黏土矿物特征及地质意义[J].地质科学,2007,42(3):469-482.

[23] 李明瑞,张清,段宏臻,等.苏里格气田上古生界主要含气层系粘土矿物分布及其主控因素[J].石油与天然气地质,2012,33(5):743-750.

[24] 卢龙飞,蔡进功,刘文汇,等.泥质烃源岩中粘土矿物结合有机质热演化的红外发射光谱研究[J].石油实验地质,2012,34(2):215-222.

[25] 刘伟,余谦,闫剑飞,等.上扬子地区志留系龙马溪组富有机质泥岩储层特征[J].石油与天然气地质,2012,33(3):346-352.

[26] 范明,陈宏宇,俞凌杰,等.比表面积与突破压力联合确定泥岩盖层评价标准[J].石油实验地质,2011,33(1):87-90.

[27] 袁际华,柳广弟,张英.相对盖层厚度封闭效应及其应用[J].西安石油大学学报:自然科学版,2008,23(1):34-36.

[28] 俞凌杰,范明,刘伟新.盖层封闭机理研究[J].石油实验地质,2011,33(1):91-95.

[29] 李双建,沃玉进,周雁,等.影响高演化泥岩盖层封闭性的主控因素分析[J].地质学报,2011,85(10):1691-1697.

[30] 马永生,楼章华,郭彤楼,等.中国南方海相地层油气保存条件综合评价技术体系探讨[J].地质学报,2006,80(3):406-417.

[31] 俞凌杰,张文涛,范明,等.膏岩三轴压缩试验及高温相变特征研究[J].岩土力学,2012,33(11):3318-3322.

(编辑 叶德燎)