

# SEC 剩余经济可采储量替代率与产量的关系及影响因素

卢广钦

(中国石化胜利油田分公司 开发处, 山东 东营 257001)

**摘要:** SEC 剩余经济可采储量主要是按照 SEC 准则根据油气产量等的变化规律进行预测评估得到的, SEC 剩余经济可采储量替代率与产量的关系是客观存在的, 也是非常直接的。目前对 2 个指标及其关系的认识仍然存在一些误区, 且其对企业的宏观指导方面还存在着不确定性。以胜利油区 SEC 储量评估为参考, 从 SEC 剩余经济可采储量替代率和产量的相关定义、共性及个性影响因素、相互影响关系等方面着手, 以宏观的思路和实例分析了两者的关系及其影响因素, 并对替代率的阶段性变化规律进行了探讨。结果表明, SEC 剩余经济可采储量替代率和产量从年度变化规律来看并不一致, 但阶段变化趋势一致; 其影响因素主要包括 SEC 剩余经济可采储量及其在当年的变化、产量构成、经济参数、评估条件和敏感性差异等。以此为基础, 初步形成了储量评估分析的宏观框架, 可作为储量评估分析体系的重要补充。

**关键词:** SEC 剩余经济可采储量 替代率 产量 SEC 储量评估 胜利油区

**中图分类号:** TE313.8

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-9603(2013)03-0060-05

SEC 剩余经济可采储量替代率(简称替代率)和产量是一对关联度很高的指标<sup>[1]</sup>。形势的发展需要加强对这 2 个指标的关系进行分析探讨: ① 2 个指标对于企业的宏观管理具有指导意义, 在上市业绩披露中需要解决可持续发展的问题; 在勘探开发和储量管理中强调以经济可采储量为中心, 以 SEC 准则及方法为评价体系; 替代率指标不仅是储量指标, 且涉及到对企业生产经营和资源战略管理的指导。② 经营考核愈加系统和规范, 压力的传递愈加到位, 利用替代率对分公司进行量化经营考核取得了较好的效果。

前人主要是依据 ARPS 公式了解产量与替代率的关系<sup>[2-10]</sup>, 两者的关系看似简单, 实则复杂, 不仅影响因素较多, 且影响程度差异也较大。近年来, 主要针对单个储量评估指标进行了分析, 如剩余经济可采储量的影响因素或产量的递减规律特征等, 缺乏针对指标间的关系及影响差异分析的研究。实际工作中都是按照规定流程完成 SEC 储量评估, 对于指标间的关系及其影响因素还缺乏系统的分析。为此, 笔者从不同方面对替代率与产量的关系及其影响因素进行了研究, 以期能够明确两者的关

系, 并为 SEC 储量评估分析和资源管理提供参考。

## 1 替代率与产量的关系

### 1.1 根据定义分析

替代率的计算式<sup>[2]</sup>为

$$R_e = \frac{N_{s2} - N_{s1} + Q}{Q} \quad (1)$$

式中:  $R_e$  为替代率;  $N_{s2}$  为当年年底剩余经济可采储量,  $10^6$  bbl;  $N_{s1}$  为上一年年底剩余经济可采储量,  $10^6$  bbl;  $Q$  为当年年产油量,  $10^6$  bbl。

考虑各种增减因素及当年年产油量, 式(1)可改为

$$R_e = \frac{N_0}{Q} \quad (2)$$

式中:  $N_0$  为当年新增剩余经济可采储量,  $10^6$  bbl。

由式(2)可知, 当  $N_0$  大于  $Q$  时, 替代率大于 1, 表明剩余经济可采储量保持增加态势; 当  $N_0$  等于  $Q$  时, 替代率等于 1, 表明剩余经济可采储量保持稳

收稿日期: 2013-03-12。

作者简介: 卢广钦, 男, 高级工程师, 硕士, 从事油气开发研究与技术管理工作。联系电话: (0546)8551819, E-mail: luguangqin.slyt@sinopec.com。

基金项目: 中国石化 2012 年勘探先导项目“胜利油田 SEC 准则下储量评估参数确定方法研究”(2012-180)。

定;当  $N_0$  为  $0 \sim Q$  时,替代率为  $0 \sim 1$ ,表明剩余经济可采储量呈递减态势;当  $N_0$  小于  $0$  时,替代率小于  $0$ 。

### 1.2 根据经济产量极限分析

盈亏平衡原理下的经济极限产量模型<sup>[3]</sup>为

$$q_e = \frac{aC}{p(1-b) - (1-a)\frac{C}{q_i}} \quad (3)$$

式中:  $q_e$  为经济极限产量, bbl;  $a$  为固定成本劈分比例;  $C$  为总操作成本, 美元;  $p$  为含税油价, 美元/ bbl;  $b$  为综合税费率;  $q_i$  为评估期初始产量, bbl。

该模型反映了各种经济因素(油价、综合税费率、成本及其构成)与经济极限产量之间的关系。经济极限产量与固定成本劈分比例、综合税费率、总操作成本成正比,与油气价格成反比,而经济极限产量的增减意味着剩余经济可采储量的减增和替代率的变化。

### 1.3 从总体开发趋势分析

根据SEC储量评估结果及开发状况分析可知,一般有4种基本开发趋势类型,即产量上升型、平稳型、快速下降型和缓慢下降型。在评估参数之一(递减率)不变且不考虑其他经济参数的条件下,即在相同评估极限条件的理想状态下,由4种开发趋势类型的产量与各评估日的评估结果的变化关系(图1)可知,不同的开发趋势类型分别对应着不同的SEC储量评估结果和替代率变化。

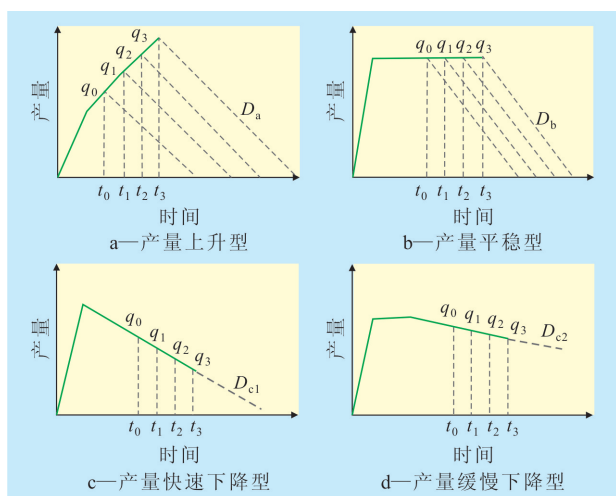


图1 SEC储量评估结果与产量的关系示意

$t_0, t_1, t_2$  和  $t_3$  为连续评估日;  $q_0, q_1, q_2$  和  $q_3$  分别为不同评估日对应的初始产量;  $D_a, D_b, D_{c1}$  和  $D_{c2}$  分别为产量上升、平稳、快速下降和缓慢下降型开发趋势类型的递减率

同理,还存在递减变大型、递减变缓型以及递减变化复合型等开发趋势。

### 1.4 从证实储量结构分析

按照SEC储量评估准则<sup>[2,4]</sup>,证实储量具有3层结构(图2),在这些构成中,任何一项均与储量评估结果及替代率相关,证实储量既与显性产量又与潜在产量相关。而油田开发过程中的产量主要是指已开发储量中的正在生产储量的产量,如果不同评估日间整个证实储量的结构不同,则会对替代率和产量及其关系产生影响,但影响的程度不同。

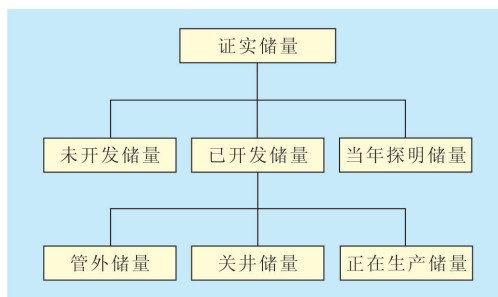


图2 SEC储量评估中证实储量结构

## 2 影响因素

### 2.1 基数

替代率是基于前一个评估日剩余经济可采储量(基数)及其在当年的变化计算得到的一个相对量,与基数相关性非常强。基数对其影响主要表现在3个方面:①基数规模。对于储量(产量)基数较小的评估单元,储量(产量)变动较小时,对替代率影响就很大;而对于储量(产量)大的评估单元,储量(产量)变动较大时,替代率变化较小,甚至没变化。②储量评估结果。由于评估结果是一个界限范围,在此界限范围之内的评估结果都是正确的,这对于2个评估日的评估结果对比也会造成一定的影响;不同的评估师对相同评估单元的把握程度也不尽相同,同一个评估师对于同一个评估单元,在不同的评估日,评估结果可能也不同。对于初期比较宽松的基数,当年获得较高的替代率也比较轻松;前一个评估日评估结果的增量因素若不能持续,相对于下一个评估日评估结果来说可能是减少量因素。③不经济因素。当年年底的储量评估预测结果均是基于前一个评估日的生产数据,这些生产数据有时是低效益,甚至是无效的,给经济储量的预测带来了误差。

### 2.2 产量构成

#### 2.2.1 产量变化期

开发阶段转化期 开发阶段转化是开发历程中的正常现象<sup>[5]</sup>,该阶段既有技术性的也有开发阶

段性或暂时性的,须具体问题具体分析。该时期时间跨度可长可短,因油田或单元规模的不同而存在较大区别,各项开发及经营指标有时是异常的,会有明显的拐点。该阶段经常被误认为是开发效果变差,而实施大量增产措施,维持产量相对稳定或减缓总递减率。该时期投入的成本及增产量很大,其矛盾主要表现为稳产期延长,但替代率仍下降或较低。

以胜坨油田为例,由不同年份产量与替代率的关系(表1)可知,一个年度内替代率与产量变化的对应关系较差,且受到阶段转化期的影响,年度间波动较大。但是从一个阶段的替代率与产量变化趋势进行对比,则规律性较好。胜坨油田2001—2011年大致可以分为3个阶段,“十五”期间,替代率大部分在1.0以上,油田长期稳产;之后替代率低且波动大,产量稳定了几年后,出现了较大幅度的递减,且替代率出现负值。由此例分析可引入一个新的概念,即阶段平均替代率(年度替代率的算术平均值),在阶段转化期,阶段平均替代率与产量变化关系较密切,可利用其规律判断开发形势。

表1 胜坨油田2001—2011年产量与替代率的关系

| 年份   | 年产量/ $10^4$ t | 措施增油量/ $10^4$ t | 措施产量比例, % | 措施井数/口 | 自然递减率, % | 储量替代率 |
|------|---------------|-----------------|-----------|--------|----------|-------|
| 2001 | 291           | 15.6            | 5.3       | 332    | 10.6     | 0.71  |
| 2002 | 290           | 19.5            | 6.7       | 386    | 10.4     | 4.40  |
| 2003 | 285           | 20.9            | 7.3       | 325    | 11.3     | 1.35  |
| 2004 | 282           | 20.2            | 7.2       | 363    | 10.7     | 2.77  |
| 2005 | 278           | 29.0            | 10.5      | 473    | 14.4     | 0.90  |
| 2006 | 278           | 32.4            | 11.7      | 630    | 14.9     | 0.08  |
| 2007 | 272           | 27.2            | 10.0      | 526    | 13.3     | 2.26  |
| 2008 | 262           | 23.7            | 9.1       | 455    | 14.4     | 0.29  |
| 2009 | 255           | 17.7            | 6.9       | 472    | 14.0     | 3.99  |
| 2010 | 228           | 16.4            | 7.2       | 464    | 19.8     | -1.56 |
| 2011 | 212           | 15.3            | 7.2       | 447    | 10.9     | -2.25 |

**油田开发过程** 油田开发过程中存在的产量共减现象使对开发规律的把握和评估参数的选取更复杂。评估单元是多类油藏或多块产量的综合体,产量的共减现象是指其各块产量(构成)在短期或同期(或大部分)处于递减状态<sup>[5]</sup>。产量的共减现象不仅反映了某个油藏的开发规律,且是产量综合体共同作用的结果。产量共减现象可分为单位属性、技术属性和程度属性3种,有时表现为1种,有时表现为2种或3种的混合。

同理,在油田开发过程中也存在产量共增现象和产量构成性平稳现象。共减与共增现象就是1种

规律的叠加反映,构成性平稳现象是增、减规律的相互补充。这3种情况均对评估参数的合理选取影响较大。

### 2.2.2 产量构成类别

产量构成对剩余经济可采储量的贡献不同 油田都是由各种类型油藏及不同开发阶段的单元组成的。一个油田的产量是由各种产量构成,广义的产量构成有几种,如新老区构成、油藏类型构成、开发程度构成、采油速度构成、各种措施构成、技术构成等。新建生产能力单元在动用年一般具有当年生产时率低,初期产量高,递减快等特点。

实施增产措施对于油气开发生产很重要,增产措施包括:增大有效井筒半径,打开其他生产层段(补孔改层)等。措施实施后,若油井产量增大且持续生产,可采储量将增加,但同时与其油层连通性好的邻井也实施增产措施,就会造成可采储量暂时性增加;若打开先前没有流体流动的层段,或者这些井处于相互不连通的层位,可采储量将会持续增加<sup>[4,6]</sup>。实际上,所实施的措施能否增加可采储量,需要一段时间的观察。

为了完成产量任务,有时会采取一些突击性的增产措施,在SEC储量评估中,表现为当年初始产量会有一定程度的增加,但当年的递减率加大还反映不出来。到第2年措施产量会下降,一般措施产量递减率会比单元的正常递减率大。这部分产量使当年的剩余经济可采储量增加,又是第2年剩余经济可采储量减少的因素,由此计算的第2年的替代率就会较低。而且不同成本的增产措施还对操作成本产生影响,形成潜在的降低替代率的因素。

产量构成变化与储量变化不同步 主力减产单元经济可采储量减量比(储量减少量与产量减少量之比)大,非主力增产单元经济可采储量增量比(储量增加量与产量增加量之比)小。统计胜利油区22个主力减产油田,若不考虑油价等因素,主力减产油田产量每减少 $1 \times 10^4$  t,经济可采储量减少约 $24 \times 10^4$  t,有的达到 $30 \times 10^4$  t以上;而统计23个增产油田,产量每增加 $1 \times 10^4$  t,经济可采储量增加 $13 \times 10^4$  t,部分在 $10 \times 10^4$  t以下,其主要原因是主力减产单元的递减率小,而增产油田的递减率大。

多元化的产量构成对评估结果的影响较大。2011年因产量构成变化,在总体年产量稳定的情况下,评估的剩余经济可采储量比上一年减少3.2%。

### 2.3 经济参数影响

在SEC储量评估中,经济参数是重要的评估参



数,主要包括油价、操作成本、综合税费率、币种汇率变化等。产量与证实储量对于经济参数的敏感程度不同,前者敏感程度低,后者敏感程度高,主要体现在极限产量变化上。

### 2.3.1 油价

由1999—2010年胜利油区油价变化可知,平均油价由2009年的60.04美元/bbl上升到2010年的86.21美元/bbl,上升幅度为43.6%(图3)。因油价上升,增加经济可采储量为 $1\ 876\times 10^4\ \text{t}$ ,占剩余经济可采储量增加因素的53%,是主要且敏感因素。因此油价也成为胜利油区2010年保持较高替代率的关键因素。

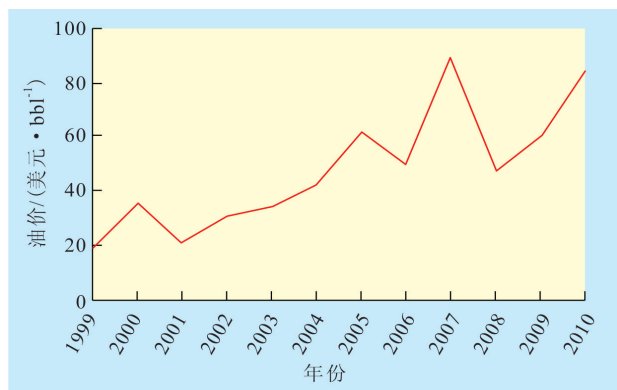


图3 胜利油区1999—2010年油价变化

油价对于产量的影响主要体现在当年新开发及调整建设项目优化立项中。不同油价下,通过经济评价的项目类型及规模是不同的,对当年的产量运行及构成都有一定的影响。在油价忽高忽低的情况下进行SEC储量评估,其结果有时会掩盖开发规律,造成开发转化期的一些假象,增加了评估分析难度。

### 2.3.2 操作成本

从区域性资源结构差异分析,资源的经营管理有2类:①相对固定的资源区域,对资源经营具有全过程管理的特点;②不固定的资源区域,经常会发生区域间甚至国际间的资源流转。前者一般指中国国内的资源储量,结构调整的余地较小,而后者一般针对国际化的储量,可以进行买卖。相对固定的资源区域是中国油田公司的主要开发领域,其油藏经营开发具有2个特点:①油藏开发生产不断深化,反映出一直上升的成本变化;②产量结构向着成本变大的方向转变。产量相对稳定主要依靠稠油、海上、低渗透等低成本油藏产量的大幅度增加,而整装、断块等相对低成本油藏产量不断下降。

产量和替代率均对操作成本敏感。产量对操

作成本的敏感性,主要是受年初年度预算的影响和控制,对于超过预算成本的产量要受到限制,另外,还体现在油气生产单位在制定生产计划时对产量的优化。而SEC储量评估是按照年底实际发生的操作成本进行的,该成本影响评估结果。因此,产量和替代率对于成本影响的侧重点有着较大差异,产量是预先的计划控制和过程控制,而替代率是对结果的客观认可。当然,前者的2个节点控制也影响后者的结果。

### 2.4 评估条件

SEC储量评估以ARPS递减原理为基础<sup>[1-2,10-12]</sup>,SEC油气储量评估中的保守原则对不同情况下的产量变化趋势的影响不同,需要掌握评估油藏所显示出来的递减趋势。

评估单元及其储量不是固定不变的<sup>[13]</sup>,一个油田每年有几十个新区单元投入开发,每年新增加相当规模的探明储量。但在实际评估中,评估单元数并没有多大的变化,这些新增部分大多归合到已有的评估单元中。这些变化对于评估结果及替代率影响较大:①影响了对开发阶段转换的认识和评估参数的选取;②2个评估日间的评估结果会在其他条件不变的情况下发生变化。一般的规律是拆分单元使评估结果变小,合并单元会使评估结果变大,主要原因是产量上升的单元在合并单元中起到了减缓递减的作用。

### 2.5 敏感差异性分析

替代率与产量变化具有阶段性。替代率较低,并不意味着产量立即下降,随着替代率变化趋势的延续,对产量的影响逐渐显现,直至其他措施不能支撑和缓解时,产量才会出现明显下降。实际上,经济因素仅影响评估结果,而对近期的生产能力影响较小。如一个公司或一个油田评估结果较乐观,且每年都是相差不多,甚至有时还有所减少,或年度间呈现波动,按照这样的状况评估计算的储量替代率肯定是一个较低值,但其产量可能仍处于较稳定且较高的状态。

替代率对于一些影响因素过于敏感,如油价。油价是一个变化周期不定的因素,它受突发性因素影响明显。有时,在1a之内就变化较大,有时稳定期较长。但是这个时期开发生产可能与油价的波动不同步,尽管评估结果变了,但油气田开发生产并没有变化。

剩余经济储采比是反映剩余经济可采储量与产量关系的指标<sup>[7]</sup>,使替代率与产量的关系更直

接。但替代率和剩余经济储采比的变化经常是不一致的,如有些评估单元的剩余经济储采比较低,但储量替代率较高;而有些评估单元替代率较低,但储量评估结果值却很高,剩余经济储采比也较高,由此预测的产量也会较高,因此,替代率与产量的关系不是一个完全匹配的关系。

当年新增探明储量对SEC储量评估的贡献与对产量的贡献是有差异的<sup>[8-9]</sup>。为说明储量接替情况与替代率及产量的关系,设置一个辅助指标——新增探明贡献率,即为当年新增探明经济可采储量与当年产油量的比值。据统计,“十一五”期间,几个大公司的平均新增探明贡献率为92%~102%,替代率均在1以上(个别情况除外)。从胜坨油田的储量接替情况来看,年度新增探明贡献率和未动用储量剩余经济可采储量贡献率分别为0~2.3%和0~0.2%,替代率较低。储量接替的连续性、接替量的规模与替代率是正相关的。而对于产量,动用储量接替比其他因素更为重要;当然,动用储量接替的连续性、接替量的规模也很重要。

### 3 结束语

从SEC剩余经济可采储量替代率的概念及原理出发,对其特点及与产量的关系进行了系统分析,进一步明确了2个指标的关系,并对2个指标的影响因素进行了对比分析。在SEC储量评估中,SEC剩余经济可采储量替代率的影响因素主要有2个:产量及其变化趋势是SEC剩余经济可采储量替代率变化的本质因素,经济和评估条件因素是外在的影响因素。这些因素对SEC剩余经济可采储量替代率的影响不同,分为同步变化影响、相互弥补影响或者是无规律影响等。

SEC剩余经济可采储量替代率与产量变化的关系分析表明,二者之间的关系从年度变化规律来看

不一定一致,但从阶段变化趋势上具有一致性。在实例分析中初步提出了阶段平均替代率的概念,并建议在一定的管理层级和环境条件下应用阶段平均替代率,对开发形势进行判断与把握。并对阶段平均替代率的概念及应用进行进一步的研究和规范。

#### 参考文献:

- [1] Robert S Thompson, John D Wright. 石油资产评估[M]. 2版. 李阳, 戴少武, 郭齐军, 等, 译. 北京: 中国石化出版社, 2011: 96-166.
- [2] 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: 93-97.
- [3] 陈月明. 油藏经营管理[M]. 东营: 中国石油大学出版社, 2007: 286-293.
- [4] Chapman Cronquist. 国外油气储量评估分级理论与应用指南[M]. 刘合年, 吴蕾, 罗凯, 译. 北京: 石油工业出版社, 2004: 2-198.
- [5] 孙焕泉, 何庆华, 毕义泉, 等. 中国油气开发技术进展[C]// 刘世华, 谷建伟, 杨仁锋, 等. 高含水期油藏产量递减模型研究. 北京: 中国石化出版社, 2012: 345-349.
- [6] 侯春华. 胜利油区不同类型油藏调整挖潜技术措施与实施效果[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(4): 74-76.
- [7] 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.
- [8] 庄丽, 张玲. 基于控制储量升级率的油气探明储量增长趋势研究[J]. 油气地质与采收率, 2012, 19(2): 90-92.
- [9] 张玲, 侯庆宇, 庄丽, 等. 储量估算方法在缝洞型碳酸盐岩油藏的应用[J]. 油气地质与采收率, 2012, 19(1): 24-27.
- [10] 吕鸣岗, 程永才, 袁自学, 等. DZ/T 0217—2005 石油天然气储量计算规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [11] 王忠生, 法贵方, 原瑞娥, 等. 基于SPE-PRMS准则下的油砂资源/储量划分与评估[J]. 大庆石油地质与开发, 2012, 31(3): 76-78.
- [12] Satinder Purewal. New reserves and resources guidelines document available[J]. Journal of Petroleum Technology, 2012, 64(2): 48.
- [13] 王树华, 魏萍. SEC储量动态评估与分析[J]. 油气地质与采收率, 2012, 19(2): 93-94.

编辑 武云云

欢迎投稿 欢迎订阅