

油价桶油操作成本比对SEC储量影响分析及应用

郑振恒, 李 姝

中国石化石油勘探开发研究院, 北京

收稿日期: 2025年2月21日; 录用日期: 2025年3月13日; 发布日期: 2025年3月25日

摘 要

成本变化是影响SEC储量变化的重要因素, 降低成本最大程度增加SEC储量意义重大。以非经济可采储量为研究对象, 定义了油价桶油操作成本比参数, 推导建立了以油价桶油操作成本比表征的非经济可采储量表达式, 明确了非经济可采储量在不同油价桶油操作成本比区间敏感性, 确定了影响SEC储量变化速率的主要因素是技术可采储量规模和油价桶油操作成本的比值。油价桶油成本比越低、技术可采储量规模越大, 控本增储效果越明显。实例表明通过技术可采储量规模和油价桶油成本比的范围区间优化筛选具体油田, 可以指导成本优化的方向, 最大限度增加SEC储量。

关键词

SEC储量, 经济极限产量, 油价桶油操作成本比, 成本优化, 非经济可采储量

Analysis and Application of the Impact of Ratio of Oil Price and Single Barrel Operation Cost on SEC Reserves

Zhenheng Zheng, Shu Li

Sinopec Petroleum Exploration and Production Research Institute, Beijing

Received: Feb. 21st, 2025; accepted: Mar. 13th, 2025; published: Mar. 25th, 2025

Abstract

Cost change is an important factor affecting the change of SEC reserves. It is of great significance to reduce costs and maximize SEC reserves. Taking the non economic recoverable reserves as the

research object, this paper defines the ratio of oil price and single barrel operating cost, establishes the expression of non economic recoverable reserves represented by ratio of oil price and single barrel operating cost, defines the sensitivity of non economic recoverable reserves in different ratio range of oil price and single barrel operating cost, and determines that the main factor affecting the change rate of SEC reserves is technical recoverable reserves and ratio of oil price and single barrel operating cost. The lower the oil price to barrel cost ratio and the larger the scale of technically recoverable reserves, the more obvious the effect of cost control and storage increase. The example shows that selecting specific oil fields by optimizing the range of technical recoverable reserves and the cost ratio of oil price to barrel oil can guide the direction of cost optimization and maximize SEC reserves.

Keywords

SEC Reserves, Economic Limit Production, Ratio of Oil Price and Single Barrel Operating Cost, Cost Optimization, Non-Economic Recoverable Reserves

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

SEC 储量是美国证券资格委员会要求以 SEC 储量评估规则开展油气证实储量评估和披露。SEC 储量保持稳定和增长是油公司的国际形象的体现, SEC 储量替代情况是衡量公司可持续发展能力的一项重要指标。SEC 储量是油公司的关键指标, 在生产经营过程中具有举足轻重的地位。

2020 年后, 受新冠疫情和石油价格战影响, 国际油价大幅下跌, 国内外油公司 SEC 储量稳定面临巨大的压力, 国内外油公司压缩成本度过本轮油价寒冬[1]-[3]。尽管目前油价相对较高, 但其随经济周期波动的规律无法改变。研究在油价下行期间, 如何通过有限的成本控制空间, 释放更多的 SEC 储量潜力, 获得经营上的主动, 显得尤为重要。

本文以指数递减模型原理为基础, 以经济极限产量之后的非经济可采储量规模为研究对象, 定义了油价桶油操作成本比的概念, 通过特征函数研究, 确定影响 SEC 储量的主控因素为技术可采储量规模和油价桶油成本比区间。结果表明: 非经济可采储量和油价桶油成本比呈反比例函数关系, 油价桶油成本比敏感区间范围介于 1~4 之间, 油价越低降本增储的效果越好。根据技术可采储量规模和油价桶油成本比的范围筛选对油价敏感的单元, 针对性的成本管控措施可以充分释放 SEC 储量潜力。

2. 非经济可采储量模型

经济极限产量是收入和支出平衡时的产量。目前产量生产至经济极限产量的累计产量为剩余经济可采储量, 低于经济极限产量到预测期末的累计产量为非经济可采储量, 两者之和等于剩余技术可采储量。对已开发油田, SEC 储量即为剩余经济可采储量。当油气价格和成本变化时, 引起油气田的经济极限产量变动, 从而影响 SEC 储量和非经济可采储量的变化。非经济可采储量的变化量等于 SEC 储量的变化量, 所以, 可以将研究价格和成本变化对 SEC 储量的影响的问题可以转化为研究价格和成本变化对非经济可采储量的影响。这样, 避免了目前产量的影响, 简化了公式的形式。

经济极限产量表达式如下[4]-[7]:

$$Q_e = \frac{ax}{y(1-b) - \frac{1-a}{c}x} \quad (1)$$

式中: Q_e ——经济极限产量;

a ——固定成本占操作成本比例, %;

b ——税率, %;

x ——总成本, M\$;

y ——油气价格, \$/bbl;

c ——评估基准年的油气产量, bbl。

产量递减规律用 Arps 产量递减方程表示, 最常用的递减模式为指数递减[8]-[15]。结合经济极限产量的定义, 以指数递减模式下非经济可采储量表达式如下:

$$N_{non} = \frac{Q_e}{D} = \frac{ax}{D \left[y(1-b) - \frac{1-a}{c}x \right]} \quad (2)$$

式中: N_{non} ——非经济可采储量, bbl;

Q_i ——当前产量, bbl/mon;

D ——递减率, %。

桶油操作成本(T)定义为操作成本和年产量的比值, 有如下表示:

$$T = \frac{x}{c} \quad (3)$$

将(1) (3)式代入(2)式, 以桶油操作成本表示的剩余经济可采储量有如下形式:

$$N_{non} = \frac{acT}{D \left[y(1-b) - (1-a)T \right]} \dots \quad (4)$$

进一步将(4)式变形为以下形式:

$$N_{non} = \frac{\frac{ac}{D(1-b)}}{\frac{y}{T} - \frac{1-a}{1-b}} \quad (5)$$

定义油价桶油成本比为: $t = \frac{y}{T}$, 则式(5)表述为

$$N_{non} = \frac{\frac{ac}{D(1-b)}}{t - \frac{1-a}{1-b}} \quad (6)$$

对于特定的油气田, 参数 a 、 b 、 c 、 D 参数一定, 非经济可采储量与价桶油成本比呈反比例函数关系。

3. 油价桶油成本比对非经济可采储量影响

由代数几何学原理, 在笛卡尔坐标系下 Y 轴方向为 N_{non} , X 轴方向为油价桶油操作成本比 t 。可知非经济可采储量 N_{non} 是函数 $1/t$ 在 X 轴正向移动 $\frac{1-a}{1-b}$ 个单位, Y 轴方向增大 $\frac{ac}{D(1-b)}$ 倍获得。故通过简

单函数 $y = 1/x$ 的性质, 确定非经济可采储量的变化规律。

以中石化为例, 固定成本和可变成本的比例水平约为 50%, 综合税率一般取 15%, 约为在 0.6 和 $\frac{1-a}{1-b}$ 之间, 按分别按着右移 0.2、0.4 和 0.6 的曲线可以得出曲线具有以下特征: 油价桶油成本比小于 4 为非经济可采储量的敏感区间, 油价桶油成本比变化对 SEC 储量影响较大; 油价桶油成本比大于 5 为非经济可采储量的不敏感区间, 油价桶油成本比变化对 SEC 储量影响较小; 油价桶油成本比介于 4 和 5 之间为 SEC 储量敏感性的过渡区间(见图 1)。

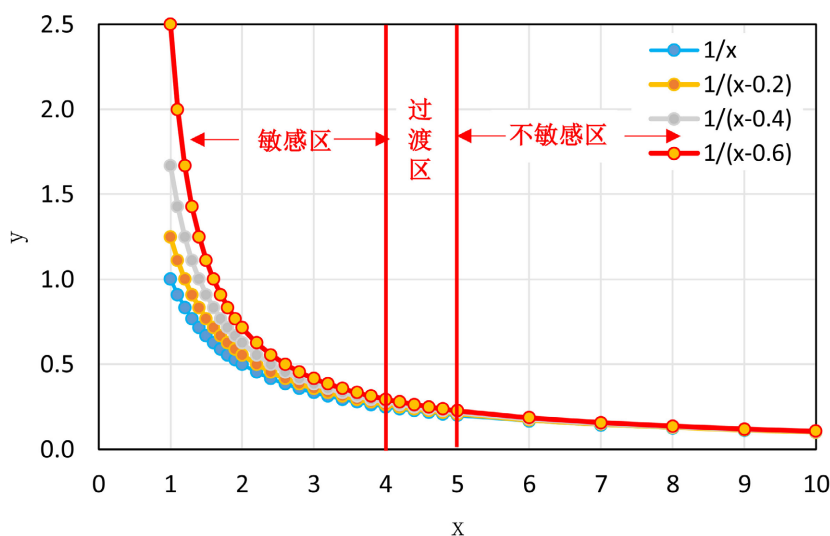


Figure 1. Characteristic function curve of non economically recoverable reserves
图 1. 非经济可采储量特征函数曲线图

根据式(6)可以量化这种敏感性, N_{non} 函数上任意一点斜率代表了其变化速率, 表达为下式:

$$N'_{non} = -\frac{ac}{D(1-b)} \frac{1}{\left[t - \frac{1-a}{1-b}\right]^2} \quad (7)$$

因为技术可采储量 $N = \frac{c}{D}$, a 、 b 均为常数, 令 $A = \frac{a}{1-b}$, $B = \frac{1-a}{1-b}$ 。

则(7)式可以表达为:

$$N'_{non} = -\frac{AN}{[t-B]^2} \quad (8)$$

影响非经济可采储量变化(也即 SEC 储量变化)的主要因素有两个: 技术可采储量规模 N 以及油价桶油操作成本比 t 。一般特定的资产对象技术可采储量规模不变, 油价桶油操作成本比越低, 其变化对 SEC 储量影响越大。这为多目标优化筛选降本增效区块提供了依据。

值得注意的上式有物理意义的前提条件是 $0 < Q_e \leq Q_i$, 超过 Q_i 技术可采储量为无效益储量, 非经济可采储量恒等于技术可采储量, t 变动对于 SEC 储量影响无从谈起。得到 t 的边界条件:

$$t \geq \frac{c}{Q_i} \frac{a}{1-b} + \frac{1-a}{1-b} \quad (9)$$

特别地, 当 $c = Q_i$ 时, 评估基准年产量取预测首年产量:

$$t \geq \frac{1}{1-b} \dots\dots (10)$$

当 $c(1-D)=Q_i$ 时, 评估基准年产量取上年产量:

$$t \geq 1 + \frac{aD}{(1-b)(1-D)} (11)$$

4. 应用实例

油价桶油成本比是特指石油的习惯称呼, 对天然气同样适用, 本质是价格和单位的操作成本的比值。以中石化为例, 2016 年以来油价桶油成本比低于 4.0, 整体处于价格、成本参数的敏感区间; 与石油相比, 2016 年以来的气价水平和单位操作成本的比值一般高于 5, 整体处于价格、成本参数的不敏感区间 (见图 2)。因此降低成本增加 SEC 储量对于石油来说意义更为重大。

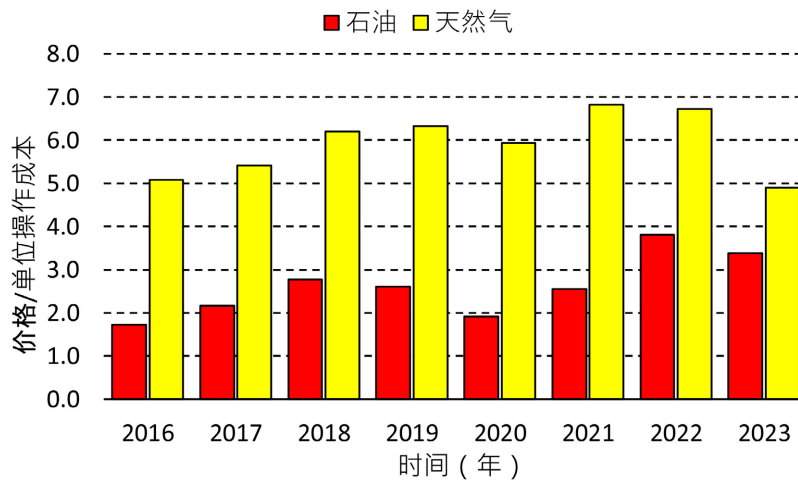


Figure 2. Comparison of oil prices/unit operating costs in recent years
图 2. 中石化近年价格/单位操作成本对比图

4.1. 目标油公司筛选

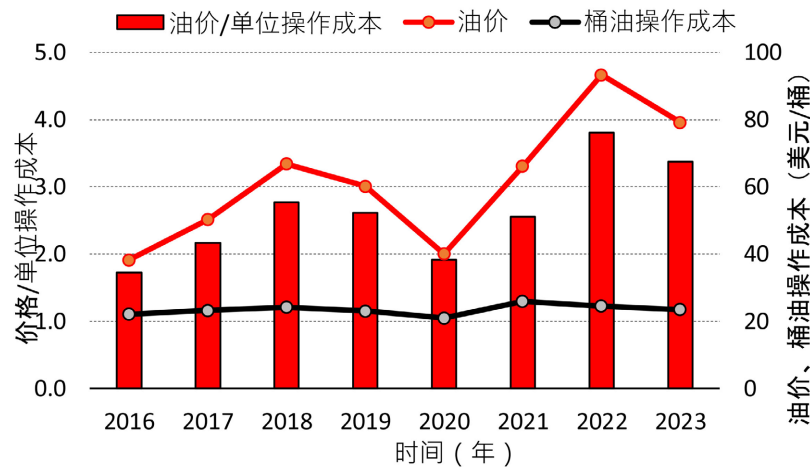


Figure 3. Historical chart of prices, unit operating costs, and barrel operating costs since 2016
图 3. 2016 年以来价格、单位操作成本、桶油操作成本历史图

价格变化是影响油公司油价桶油成本比的最重要的因素。以中石化为例, 2016年以来, 油价波动幅度较大, 评估油价最低 38 美元/桶, 最高 93 美元/桶, 变化率 145%; 2016 年以来, 单位操作成本波动幅度较小, 桶油成本最低 21.0 美元/桶, 最高 25.9 美元/桶, 波动变化率 23% (见图 3)。

对比 9 家分公司, 西北和华东油价桶油成本比, 远高于其他分公司, 价格和成本变化对 SEC 储量影响较小, 其他分公司均具有降本增效的空间, 尤其是中原分公司油价桶油成本比仅 1.7, 经济参数的变化对 SEC 储量的影响最为显著(见图 4)。

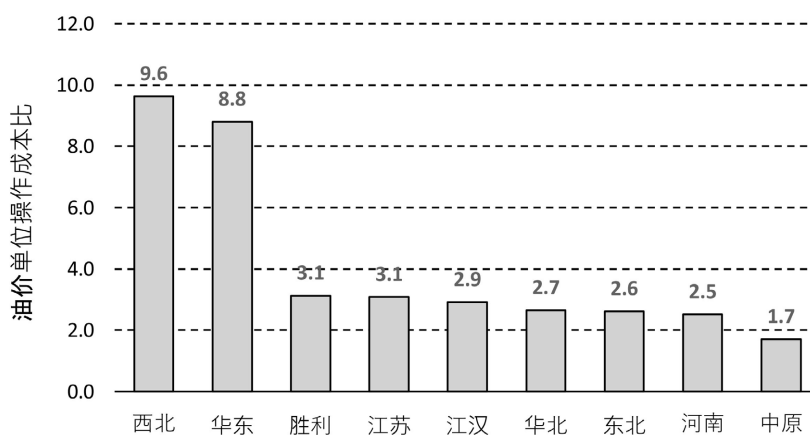


Figure 4. Comparison of oil prices/barrel operating costs of 9 branches by the end of 2023
图 4. 2023 年底 9 家分公司油价/桶油操作操作成本对比图

4.2. 多油田成本管控目标优化筛选

以 A 公司 24 个油田的实际样本数据, 分析技术可采储量规模和油价桶油操作成本比关系图(图 5)可以看出, 在油价 60\$/bbl 的条件下, 油价桶油操作成本比小于 3 超过 $10,000 \times 10^4$ t 的油田的仅有 2 个油田, 且仅有 1 个油田油价桶油操作成本比小于 2; 在油价 40\$/bbl 的条件下, 价桶油操作成本比小于 2 超过 $10,000 \times 10^4$ t 的油田有 4 个。根据前述研究成果, 在油价 60 美元/桶时, 可以筛选成本优化对象 2 个; 在油价 40 美元/桶时, 可以筛选成本优化对象 4 个。

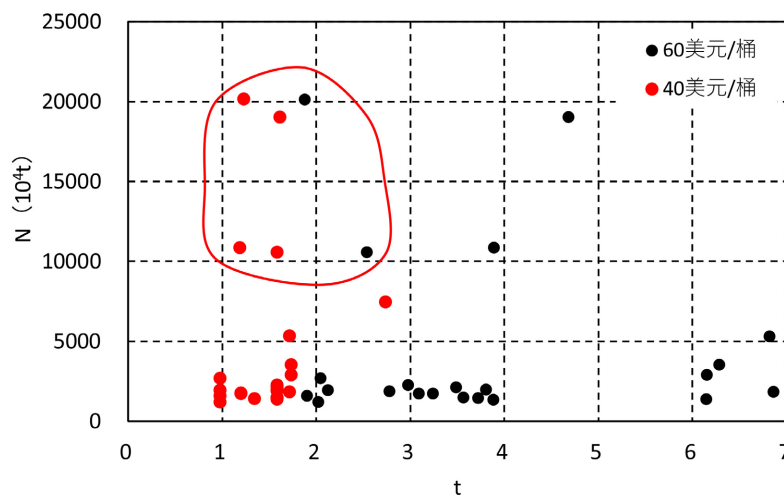


Figure 5. Relationship between the scale of oil field's technically recoverable reserves and oil price barrel cost ratio of Branch A
图 5. A 公司油田技术可采储量和油价桶油成本比关系图

5. 结论

(1) 油价桶油成本比的区间决定了价格、成本等经济参数对 SEC 储量的敏感性。油价桶油成本比小于 4, 油价桶油成本比变化对 SEC 储量影响较大; 油价桶油成本比大于 5, 油价桶油成本比变化对 SEC 储量影响较小; 油价桶油成本比介于 4 和 5 之间为 SEC 储量敏感性的过渡区间。

(2) 价格是影响油公司油价桶油成本比的最重要的因素。国际油价降低时, 油价桶油成本比进入更为敏感区间, 低油价放大了成本管控对 SEC 储量增加的影响, 是成本优化增储的最好时机。

(3) 价格、成本变化对 SEC 储量影响的规模由技术可采储量规模和油价桶油成本比决定。实例表明根据储量规模和油价桶油成本比的范围优选油田区块, 可以在有限的降本空间释放更大规模的 SEC 储量潜力, 有利于油公司的生产经营。

参考文献

- [1] 刘毅军, 马莉. 低油价对天然气产业链的影响[J]. 天然气工业, 2016, 36(6): 98-109.
- [2] 姜子昂, 王富平, 段言志, 等. 新形势下中国天然气市场发展态势与应对策略——以川渝气区为例[J]. 天然气工业, 2016, 36(4): 1-7.
- [3] 张勇, 周娟, 石卉, 等. 新冠疫情及低油价影响下的天然气生产企业应对措施——以川渝地区为例[J]. 天然气工业, 2020, 40(4): 166-171.
- [4] 许静华. SEC 标准油气储量评估的常用方法及其影响因素分析[J]. 国际石油经济, 2002(12): 33-36.
- [5] 刘昌鸣. 剩余经济可采储量及储量价值影响因素敏感程度分析[J]. 油气地质与采收率, 2017, 24(2): 90-94, 100.
- [6] 刘韵, 卢娟, 马丽梅, 等. 油气剩余经济可采储量影响因素研究[J]. 中国矿业, 2018, 27(S1): 52-55.
- [7] 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): 293-301.
- [8] 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.
- [9] 吴国干, 王永祥, 张君峰, 等. 美国 SEC 准则油气储量评估论文集[M]. 北京: 石油工业出版社, 2012.
- [10] 周焱斌, 王晖, 张运来, 等. 上市储量评估中指数递减法合理递减率的选取[J]. 特种油气藏, 2018, 25(6): 120-125.
- [11] 陈晓明, 刘英宪, 陈存良, 等. 基于 Arps 递减的上市储量评估新方法及应用[J]. 断块油气田, 2019, 26(3): 333-336.
- [12] 黄学斌, 曾小阳, 杨园园. 储量动态评估方法及影响因素分析[J]. 油气地质与采收率, 2003, 10(2): 17-18, 25.
- [13] 李阳, 戴少武, 郭齐军, 等. 石油资产评估[M]. 北京: 中国石化出版社, 2011.
- [14] 李勇, 李宝柱, 夏静. 产量递减曲线分析[M]. 北京: 石油工业出版社, 2015.
- [15] 李传亮. 油藏工程原理[M]. 北京: 石油工业出版社, 2005.