

油气储量管理和效益评价方法研究 ——以吉林油田为例

穆献中¹, 赵国杰¹, 魏后凯²

(1. 天津大学管理学院, 天津 300072; 2. 中国社会科学院工业经济研究所, 北京 100836)

摘要:在油气早期勘探评价阶段,对油气储量勘探管理和开发可行性评价是中国石油工业企业一项比较困难的实际工作。该文在充分利用我国石油工业企业勘探、开发以及财务部门提供数据资料的基础上,依据油气投入产出平衡的基本原理,提出了“效益储量”的概念,同时把单井在一定时期和原油价格条件下的最低经济极限产量、油气生产能力和最低油气储量规模作为油气“效益储量”的经济判别指标,并以实例方式对中国石油的吉林油田(部分)探区在 18 美元/标准桶原油价格条件下的石油“效益储量”评价指标进行了测算和分析。在此基础上以“散点图”进行数据回归分析,得到了吉林油田部分油田区块的储层深度与油藏产量下限、油藏面积与储量规模下限的数量关系模型,并通过此模型对吉林油田不同储层、不同面积条件下的效益储量判别和分析标准进行了计算和分析。

关键词:油气勘探评价;储量管理;经济产量下限;储量规模下限;定量模拟

中图分类号:F407.22(234) **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7588(2003)05-0028-05

MANAGEMENT AND ECONOMIC EVALUATION METHOD OF OIL & GAS RESERVES ——THE CASE OF JILIN OIL FIELD

MU Xian-zhong¹, ZHAO Guo-jie¹, WEI Hou-kai²

(1. School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

2. Institute of Industrial Economics, China Academy of Social Sciences, Beijing 100836, China)

Abstract: As oil & gas exploration evaluation in China is in the initial stage, it is necessary to evaluate and manage the economic feasibility of oil & gas reserves development. In this paper, the system of indices and methods evaluating the feasibility of oil & gas reserves are set up based on the exploration and development data provided by petroleum enterprises. According to the input-output theory, the concept of 'benefit reserve' is put forward. Then by taking the Jilin oil field as an example, the economic distinguished indices are calculated. Moreover, the quantitative relation between the depth and the limit of economic production as well as that of the acreages and the limit of reserves size of the oil & gas reservoir are studied with the of method of "Scattered Diagram" analysis, from which the mathematical models are established. According to these models, the economic criterion of evaluation indices in Jilin oil field with varied oil reservoir for exploration and production are analyzed.

Key words: Oil-gas exploration evaluation; Management of oil & gas reserves; Limit of economic production; Limit of reserves size; Mathematical simulation

收稿日期:2003-05-07;修订日期:2003-06-10

基金项目:中国石油天然气股份有限公司 2002 年~2003 年“油气勘探生产发展战略及经济评价方法研究”课题的阶段研究成果(编号:油 02-PKR10032)。

作者简介:穆献中(1966~),男,山东人,博士,现为天津大学管理学院博士后,主要从事资源经济、技术经济方面的研究工作。

1 引言

多年来,我国石油工业企业在油气勘探开发工作中,经过勘探工作获得的很多探明地质储量,经过开发部署和评价有很多储量却无法动用,从而造成了勘探储量大量积压,可采储量动用缺少的矛盾。造成这种矛盾的技术原因尽管有很多,但勘探提交的探明地质储量开发效益低下却是其中一个非常重要的原因,例如 2002 年中国石油天然气股份有限公司(以下简称:中国石油)未动用储量中就有很大一部分的低效一类、低效二类甚至暂无效益的储量^[1],近期可动用的油气储量比以往下降了许多。为此,石油工业企业在油气勘探阶段,根据国际市场油气价格和企业经营机制加强探明储量经济性判断和价值评估就显得十分必要,但由于勘探评价阶段,产量、开发投资以及生产成本等相关参数难以获取全面真实的数据,给勘探经济评价或价值评估带来了很大的困难,多年来油气储量的勘探技术经济评价工作一直是困扰我国石油工业企业的十分棘手的问题。

目前,西方的一些大石油公司在油气储量管理中商业油(气)流的估算一般根据“成效法”会计准则,采用相对比较简洁的算法和判别标准,亦即不考虑前期发生的投资,把油气田初始产量折算成销售收入减掉石油开发生产成本与销售价格进行比较和判断^[1,2]。在我国,由于一些石油企业生产单元、财务数据管理的无法匹配以及评价方法本身的局限性,给商业油气流、效益储量判断以及生产管理带来了一定的混乱和不易判断性,1992 年原国家油气储量委员会曾经制定一些固定的没有考虑原油价格变化因素的划分标准,一些专家学者如陈元千研究了经济可采储量和产量的初步的经验预测公式^[3],罗东坤利用现金流量的基本原理提出了商业油气流的理论计算方法^[4],同时在商业油气流计算方法基础上建立了油气资源经济评价的计算模型^[5],但上述研究工作目前还无法应用到石油企业的实际管理工作中去。刘声猛等^[6]探讨了中石化河南油田石油开发初期“单井经济产量”的计算模型以及钻井投资和深度的关系,本文作

者也曾经提出了中国石油“效益储量”的概念和算法^[7],同时在参与起草的油气储量企业管理标准^[2]中探讨了各类油气技术储量效益性的判别标准和计算方法,所谓效益储量是指在油田勘探开发初期,无法进行准确的现金流分析测算,但能初步判断其经济性和可动用性的油气储量。

本文在对 2001 年~2002 年中国石油未动用油气储量进行分析的基础上,初步建立了油气储量勘探可行性评价方法和指标体系,探讨了勘探可行性评价指标与油藏储量、深度等参数的定量关系,并以中国石油吉林油田分公司为例,对部分未动用储量区块的经济性和判别标准进行了分类研究。

2 油气储量管理和勘探可行性评价方法

2.1 基本原理

一个石油企业油气藏储量勘探投资的可行性以及获得储量可动性,一般需要进行技术经济评价或者价值评估的指标计算和研究,但由于勘探阶段,各种生产数据和其他参数的无法获取,往往使勘探投资的技术经济评价无法进行。针对这个问题,我们应用投入产出的基本原理,从大家熟知的商业油气流的判断方法进行深入分析并建立相关判断指标和测算办法。

研究认为油气“效益储量”的评价尽管受多种主客观因素决定,这些主客观因素中比较有代表性的因素主要受以下 4 种主客观因素影响:油(气)价格、油(气)储量规模、油(气)稳定平均产量以及储层深度。这几项因素将在很大程度上左右油田开发的投资、操作成本、产量、销售收入,从而影响储量开发的经济价值。基于以上基本理论和研究工作思路的启示,在本文中提出了稳定经济产量下限、油气区最低储量经济规模、

1) 文中低效一类、低效二类以及近期可开发储量的概念和划分标准,参见我国石油工业企业的石油天然气储量分类标准

2) 本文的部分研究成果已经在中国石油天然气股份公司勘探生产分公司制定的企业管理标准《储量管理条例(征求意见稿)》(2002)、《控制预测储量计算细则(试行稿)》(2002)中被引用。

最低储量丰度下限的概念和测算方法,并提出石油企业油气储量管理模式和勘探可行性的概念。

2.2 评价指标和计算方法

根据每年油(气)田实际发生的勘探开发投资额以及相关工作量,就可以分析在单位时间内,单井摊派投资、生产经营成本,同时也可以根据同一类油(气)区的生产情况进一步测算在单位时间内单井的销售收入和各种相关费用,进一步根据收支平衡的基本原理建立数学方程式:

$$Q_e \times R_c \times P_{oil} = C_{pw} + C_o + O_c \quad (1)$$

式中: Q_e 为经济极限产量, R_c 为商品率, P_{oil} 为油(气)价格, C_{pw} 为单井摊派投资, C_o 为操作成本, O_c 为其他费用。从而有

$$Q_e = \frac{C_{pw} + C_o + O_c}{R_c \times P_{oil}} \quad (2)$$

其中

$$C_{pw} = \frac{E_c + D_c}{P_{pw} \times N_w} \quad (3)$$

式中: E_c 为勘探投资, D_c 为开发投资, P_{pw} 为单井生产周期, N_w 为当年井数,且有

$$C_{cpw} = \frac{C_o}{D_Y \times N_w} \quad (4)$$

式中: C_{cpw} 为单井操作成本, D_Y 为当年生产天数。实际上,操作成本包括直接操作成本和间接操作成本,如果把操作成本分为两部分考虑,上述计算极限产量的数学模型将变为一个一元二次方程,势必给计算带来一些困难,我们从简化角度出发,不把操作成本分开计算。

其他费用主要包括销售税金及附加、销售费、管理费、资源税、矿区使用费等有关费用,可以通过详细测算法或比率法进行确定,这两种测算方法使得我们经济极限产量又有两种算法,即:详细测算法(式(5))和比率法(式(6))

$$O_c = \frac{A_{oil} \times O_{coil}}{Y_{oil} \times D_Y \times N_w} \quad (5)$$

式中: A_{oil} 为油(气)区产能, O_{coil} 为油田其他费用, Y_{oil} 为油田总产量。这时的极限产量计算公式就是公式(2)。

$$O_c = R \times R_c \times P_{oil} \quad (6)$$

式中: R 为比率。

$$\text{从而} \quad Q_e = \frac{(C_{pw} + C_{cpw})}{R_c \times P_{oil} \times (1 - R_c)} \quad (7)$$

式中 R_c 为费率。一般来讲,在计算油气区勘探可行性的产量下限时,常使用比率法。

通过测算储量的经济极限产量,可以进一步得到相关油气区最低储量经济规模:

$$S_r = \frac{Q_e \times P_{pw} \times N_w}{R_a \times C_r} \quad (8)$$

式中: S_r 为储量经济规模, R_a 为采收率, C_r 为储量系数。 C_r 按技术储量级别不同而具体给出,其中探明地质储量为1,控制和预测地质储量介于0~1之间。

$$S_{rd} = \frac{S_r}{S_{area}} \quad (9)$$

式中: S_{rd} 为储量极限丰度; S_{area} 为油区面积。

如果相关单井数据资料齐全,我们上面提出的测算方法并没有这么复杂,因为判别油气储量勘探可行性测算的产量下限和储量规模模下限实际上与投资开发区的方案并没有必然的关系。如果油区有试验开发区块,那么实际上并不需要通过测算整个油区相关参数就可以直接得到单井投资、成本等实际参数,这样的话我们上面建立的测算方法将会得到相应的简化。

3 松辽盆地南部吉林油田实例分析

3.1 判别指标计算

根据上述计算方法,以中国石油吉林油田部分区域未动用储量评价的财务和生产数据为基础,进行了储量稳定经济产量、储量经济规模以及储层丰度的下限计算和分析,而松辽盆地北部的大庆油田由于资料无法收集而没有进行具体研究(表1)。

3.2 判别指标与储层定量关系分析

在此基础上,对效益开发产量下限与储层深度、储量规模下限与油藏面积的关系进行了分析和定量研究。

(1)效益开发产量下限与油藏深度的关系见图1,吉林油田稳定产量下限与油藏深度呈指数正相关,回归系数达92%。

$$Q_e = 24.185 \times e^{0.0007x} \quad (10)$$

$$R^2 (\text{回归系数}) = 0.9211$$

式中: Q_e 为产量下限 (t/井月); x 为油藏深度 (m)。

表 1 吉林油区 2002 年底未动用储量效益判别指标

Table 1 Benefit estimation index for undeveloped oil reserves of Jilin oil field in 2002

油田名称	面积 (km ²)	储层深度 (km)	总投资 (x10 ⁴ 元)	采收率 (%)	产量下限 (t/井月)	储量规模下限 (x10 ⁴ t)	储量丰度下限 (x10 ⁴ t·km ⁻²)
木头	11.2	1 100	23 914	49.9	51.9	586.8	52.4
新立	65.4	1 300	148 049	26.6	54.6	1 123.9	17.2
新民	115.5	1 350	305 894	17	57.8	4 352.0	37.7
何廷窝堡	42.8	1 500	48 295	15	66.3	606.1	14.2
海坨子	23.2	1 600	28 916	20.4	73.0	343.5	14.8
乾安	119.0	1 700	198 097	30.1	92.6	1 770.7	14.9
英台	31	1 700	75 420	27.8	80.5	735.7	23.7
大安北	36.4	1 800	38 906	26.5	69.2	475.7	13.1
八面台	68.6	1 950	122 352	17.9	100.6	1 483.2	21.6
大安	111.3	2 100	402 672	18.0	93.8	5 407.8	48.6
大情字井	166.6	2 500	628 140	21.3	121.8	5 558.7	33.4
莫里青	32.2	2 700	97 191	20	158.2	1 304.9	40.5

资料来源:吉林油田 2002 年底已探明未开发石油地质储量评价报告,2002 年 12 月

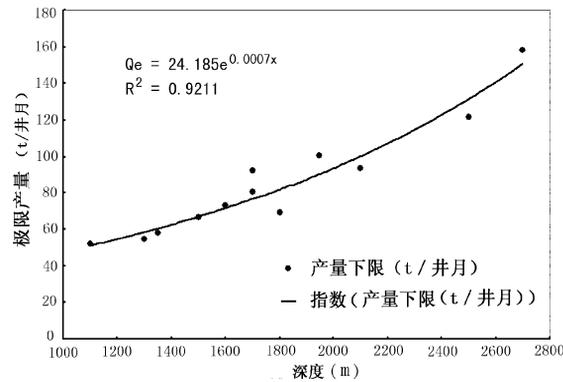


图 1 吉林油田部分油区极限产量与深度关系

Fig.1 Relation between economic limit of reserve size and varied acreage in Jilin Oil Fields

(2) 储量经济规模下限与油藏面积关系见图 2,吉林油田石油储量经济规模下限与油藏面积也呈指数正相关,回归系数达 85%。

$$S_r = 393.61 \times e^{0.0158A} \quad (11)$$

$$R^2 (\text{回归系数}) = 0.8502$$

式中: S_r 为油藏储量规模下限 (10⁴t·km⁻²); A 为油藏面积 (km²)。

3.3 不同储层深度条件下的效益储量判别标准

依据前面的定量关系公式(10)~(11),可以计算吉林油田不同储层深度条件下的经济极限产量和相对面积下的石油储量最低经济规模。尽管所得出的结果有很多的局限性,但在吉林油

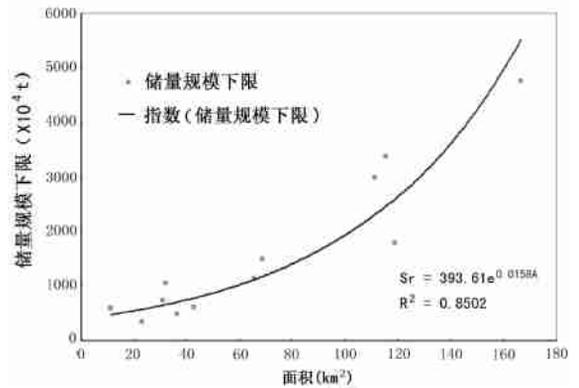


图 2 吉林油田部分油区储量规模下限与油藏面积关系

Fig.2 Economic production with varied Depth in Jilin Oil Fields

田新增石油储量单元勘探初期,可以初步判断该储量区块的经济性。

从前述对吉林油田部分区块的计算结果我们认为有以下值得分析的问题,大安、大安北以及大情字井油田埋藏深度相对较深,乾安和大情字井油田具有一定的油气储量规模 (1 000 × 10⁴ t),但油田分布面积广,储层丰度相对较低,开发经济效益亦较差。然而,大情字井油田由于面积大,油层平均分布井段长,具体区块的勘探可行性标准可能有一定的差异,因此建议分区块对大情字井油田勘探可行性标准进行研究,并根据实际情况制定相应的投资开发生产方案。

表 2 吉林油田不同储层深度、面积条件下的储量判别标准

Table 2 Economic index estimated in varied depth and acreage of Jilin oil field

原油价格 (\$/bbl)	储层深度 (m)	产量下限 (t/井月)	油藏面积 (km ²)	储量规模下限 (10 ⁴ t)
18	800.0	42.3	10	461.0
18	1 000.0	48.7	20	539.9
18	1 200.0	56.0	30	632.3
18	1 400.0	64.4	40	740.5
18	1 600.0	74.1	50	867.3
18	1 800.0	85.3	60	1 015.7
18	2 000.0	98.1	70	1 189.6
18	2 200.0	112.8	80	1 393.2
18	2 400.0	129.8	90	1 631.7
18	2 600.0	149.3	100	1 911.0
18	2 800.0	171.7	110	2 238.1
18	3 000.0	197.5	120	2 621.1

4 石油企业储量管理中的一些问题和议

(1) 根据已具备开发评价资料的未动用储量或油气藏,通过对其经济下限产量和储量规模下限(如资料齐全,亦可采用现金流量方法进行分析)测算和分析,可以判断油藏的勘探可行性。在计算中,勘探开发投资数据按开发部门未动用储量评价中使用的资料,操作成本按油气勘探与生产分公司财务部门提供的数据,以增加油气“效益储量”判断依据的可信性。

另外值得说明的是,由于计算方法以及资料不全等原因,本文建立的油气储量下限产量、储量经济规模以及储量丰度下限的计算还是一个非常初步的工作,所制定的判别标准也是一个非常低的勘探“门槛”,只能适用于石油工业企业勘探早期评价或作为储量可动用性评价的最低标准,如果要进一步制定勘探开发投资方案,需要进行比较深入细致的油藏开发的储量经济评价或价值评估。

(2) 通过对松南盆地一些已知油气未动用储量的分析认识到,油气储层深度与油藏开发产量的经济下限有很密切的关系,而含油面积与储量的经济规模也有一定的关系,尽管这种关系不是绝对单一的。在未来的勘探和开发储量评价中,在相关地质开发参数接近的情况下,可以应用公式(1)~(9)测算其经济极限产量和储量经济规模的最低判别标准。如果探明地质储量的试油产量、储量规模以及储量丰度达不到这个最低判别标准,是绝对不能作为储量“接受”的,更不能谈开发动用的问题。

(3) 石油企业未动用油气储量的效益产量下限、最低效益储量规模、储量丰度下限与储层深度、油藏面积以及部分物性参数有一定的关系,但应该是一个多因素的复杂的非线性关系,本文只是从单一因素进行简单的拟合分析,因此建议在勘探开发一体化的工作中,充分利用勘探、开发以及财务部门提供的的数据资料进行深入

研究。例如,在油藏储层以及相关物性资料相似的地质条件下,对于一些油气新区预探项目或油气藏,可以根据油藏埋深以及储量面积,采用类似公式(10)~(11)进行拟合预测分析,对其经济下限产量和储量规模下限进行初步计算和界定,从而初步判断其勘探可行性。另外,也可以进一步提出油气勘探部门的预探评价标准,比如根据不同油藏的圈闭类型、储层深度以及物性参数,制定不同的圈闭资源量、区带资源量的最低规模以及丰度下限的判别标准等。

参考文献 (References):

- [1] Craft, B. C. and Hawkins, M. F. Applied Petroleum Reservoir Engineering(second edition) [M]. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1991.
- [2] Bradley, H. B. Petroleum Engineering Handbook[M]. Society of Petroleum Engineers of AIME, Richardson, Texas, 1987.
- [3] 陈元千,等著. 现代油藏工程[M]. 北京:石油工业出版社,2001. 71~77.
CHEN Yuan-qian, et al. Modern Petroleum Engineering [M]. Beijing: Petroleum Industrial Press, 2001. 71~77.
- [4] 罗东坤. 商业油气流评估方法[J]. 石油学报, 2001, 22(5): 100~102.
LUO Dong-kun. A evaluation model for oil and gas economic production [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2001, 22(5): 100~102.
- [5] 罗东坤,俞云柯. 油气资源经济评价模型[J]. 石油学报, 2002, 22(5): 12~15.
LUO Dong-kun, YU Yun-ke. Model for oil and gas resources economic evaluation[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2002, 22(5): 12~15.
- [6] 刘声猛,金业青,等.石油企业开发初期“单井经济产量”的分析与评价[A]. 2002年中国石化技术经济年会论文集[C]. 北京:石油工业出版社,2002. 19~28.
LIU Sheng-meng, JIN Ye-qing, et al. Analysis and evaluation of “economic production of single well” of petroleum enterprise in primary stage [A]. The Collection of Annual Conference of Sinopec's Technical Economic in 2002[C]. Beijing: Petroleum Industrial Press, 2002. 19~28.
- [7] 穆献中,邓攀. 油气效益储量评价方法研究[J]. 国际石油经济, 2003, 11(3): 47~49.
MU Xian-zhong, DENG Pan. Research on assessment method of oil and gas economic reserves [J]. *International Petroleum Economics*, 2003, 11(3): 47~49.