

气藏经济采收率的确定方法研究

田 玲 钰* 周 游 姜 贻 伟 马 小 原 宋 国 富 李 涛
(中原石油勘探局勘探开发科学研究院)

田玲钰等. 气藏经济采收率的确定方法研究. 天然气工业, 2002; 22(2): 95~ 97

摘 要 我国长期实行计划经济体制, 气藏开采的经济性往往被忽略, 采收率主要反映了技术可采性。在目前市场经济条件下, 油气生产企业最关心的是气藏开发能够获得最大经济效益的采收率(即经济采收率)。因此, 研究气藏经济采收率, 应用于气藏开发可行性论证, 指导气藏科学开发, 为油气生产企业决策者提供依据。文章采用经济极限产量法和现金流量法研究气藏经济采收率, 从经济评价角度研究气藏采收率, 使采收率不仅反映了技术的可采性, 而且反映了经济的可采性。

主题词 油气藏 可采储量 采收率 经济效益 经济评价 方法

国内外部分气藏经济采收率的计算方法, 由于受所取经济参数和气藏压力产量资料所限, 计算比较繁琐。本文介绍两种简单实用的气藏经济采收率的计算方法, 供油气田开发同行参考。

研究思路

由于气藏产能建设投资大, 开发初期年折现净现金流量为负值。随着气藏开发, 年折现净现金流量由负逐渐转为正值。进入递减期, 当产量递减到经济极限产量时, 年折现净现金流量为零, 累积净现金流量达到最大值, 此时气藏采出程度就是气藏经济采收率。因此, 气藏经济采收率定义为: 在一定技术条件 and 经济政策下开发的气藏, 开发投资回收后, 当企业所获年折现净现金流量瞬时为零且继续生产不再为正、累积净现金流量达到最大值时所对应的累积产气量与地质储量之比。气藏经济采收率是否存在, 用财务内部收益率(FIRR)是否大于石油行业规定的基准收益率 12% 或投资回收期是否小于 8 年

来判断。

1. 用财务内部收益率(FIRR)判断^[1]

财务内部收益率是项目在整个计算期内各年净现金流量的累积折现值等于零时的折现率。即

$$\sum_{t=1}^n (C_1 - C_0)_t (1 + FIRR)^{-t} = 0 \tag{1}$$

内部收益率采用试差法求得:

$$FIRR = i_1 + (i_2 - i_1) \frac{|NPV_1|}{|NPV_1| + |NPV_2|} \tag{2}$$

式中: FIRR 为内部收益率, %; i 为折现率, %; i_1 为试算的低折现率, %; i_2 为试算的高折现率, %; $|NPV_1|$ 为低折现率的现值(正)的绝对值, 万元; $|NPV_2|$ 为高折现率的现值(负)的绝对值, 万元; t 为评价时间, a; C_1 为总现金流入, 万元; C_0 为总现金流出, 万元。

$FIRR \geq 12\%$ 时, 表明项目获利能力等于或超过基准收益率的获利水平, 气藏经济采收率存在。

千米桥区块的理论数据, 而且今后几年该区块的产量变化、油价、成本以及开发方案的剩余部分投资都来自预算和估算, 所以均存在着一定的不确定性, 为了更好地指导油气田下一步的开发, 我们对油(气)价、成本、产量、投资诸因素做了敏感性分析见图 1—

b、c, 由图中可看出, 最敏感的因素是价格, 产量次之。

(收稿日期 2001- 10- 26 编辑 赵 勤)

* 田玲钰, 女, 工程师; 1991 年毕业于西南石油学院, 现在中原油田勘探开发科学研究院长期从事天然气开发。地址: (457001) 河南省濮阳市中原油田勘探开发科学研究院天然气开发室。电话: (0393) 4821543、4816348。

2. 用投资回收期 P_t 判断

投资回收期 P_t 就是气藏开发的净收益来回收气藏开发的总投资所需要的时间。

$$\sum_{t=1}^{P_t} (C_1 - C_0)_t (1 + I_c)^{-t} = 0 \tag{3}$$

$$P_t = N - 1 + \frac{FNPV_{N-1}}{FNPV_N} \tag{4}$$

式中: I_c 为基准收益率, %; P_t 为投资回收期, a; N 为累积财务净现值开始出现正值年份数; $FNPV_{N-1}$ 为上年累积财务净现值的绝对值, 万元; $FNPV_N$ 为当年财务净现值, 万元。

在基准收益率 $I_c = 12\%$ 的条件下, 投资回收期 $P_t \leq 8$ 年(见图 1), 表明资金能回收, 经济采收率存在。

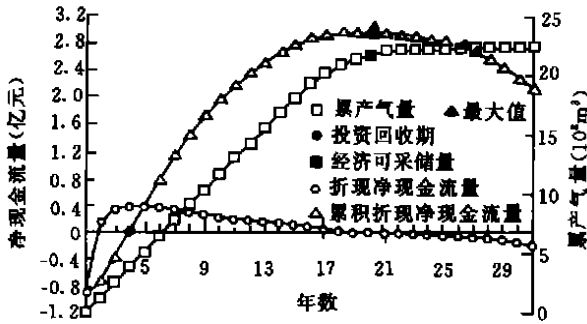


图 1 气藏经济采收率分析示意图

计算方法

1. 经济极限产量法

气藏开发历程大体可分为产量上升、产量平稳和产量下降三个阶段。产量下降是气藏开发的必然阶段。根据递减公式中选择指数递减预测气藏产量变化趋势。以销售收入能够抵偿本身的直接成本和直接税费作为气藏经济极限产量。

气藏经济极限产量:

$$Q_{cl} = \frac{C_t}{\eta A_g (1 - T_x)} \tag{5}$$

根据数值模拟法、产量递减法和预测模型法 etc 对气藏开发指标进行预测。

气藏经济可采储量:

$$G_{RC} = N_i + \frac{Q_i - Q_{cl}}{D} \tag{6}$$

经济采收率:

$$E_{RC} = \frac{G_{RC}}{G} + 100\% \tag{7}$$

式中: η 为商品率, %; A_g 为气价, 元/ m^3 ; C_t 为总成

本, 万元; T_x 为税率, %; Q_d 为经济极限产量, $10^4 m^3$; N_i 为递减前累产气, $10^8 m^3$; D 为递减率, %; Q_i 为递减初期产量, $10^4 m^3$; E_{RC} 为经济采收率, %; G_{RC} 为经济可采储量, $10^8 m^3$; G 为地质储量, $10^8 m^3$ 。

2. 现金流量法

(1) 现金流入、现金流出计算^[2]

$$C_1 = 1\,000 Q \eta A_g \tag{8}$$

$$C_0 = C_t + T_x + I_d + X \tag{9}$$

式中: Q 为年产气量, $10^8 m^3$; I_d 为总投资, 万元; X 为其它费用, 万元。

(2) 累积折现净现金流量计算

$$FNPV = \sum_{t=1}^n (C_1 - C_0)_t (1 + FIRR)^{-t} \tag{10}$$

式中: $FNPV$ 为累积折现净现金流量, 万元; n 为评价期, a。

3. 经济可采储量确定及经济采收率计算^[3]

建立气藏开发年数与对应累积折现净现金流量、气藏开发年数与对应累积产气量关系曲线, 当气藏开发进入递减期, 当年折现净现金流量等于零且累积折现净现金流量达最大值时所对应的累积采气量即为气藏经济可采储量 (G_{RC}) (图 1), 经济采收率 (E_{RC}) 可由(7) 式计算。

应用实例

某气藏探明天然气地质储量 $12.53 \times 10^8 m^3$ 。根据气藏地质特征, 采用容积法标定技术采收率为 86.51%。以 2000 年气藏开发方案设计和数值模拟预测气藏开发指标为依据计算, 开发该气藏的内部收益率为 33.18%; 投资回收期为 3.8 年, 达到石油行业规定的标准。由现金流量法计算, 至 2009 年累积折现净现金流量达最大值 5 737 万元, 气藏累采气 $10.44 \times 10^8 m^3$ (气藏经济可采储量), 所对应的采出程度 83.31% 即为气藏经济采收率(图 2)。

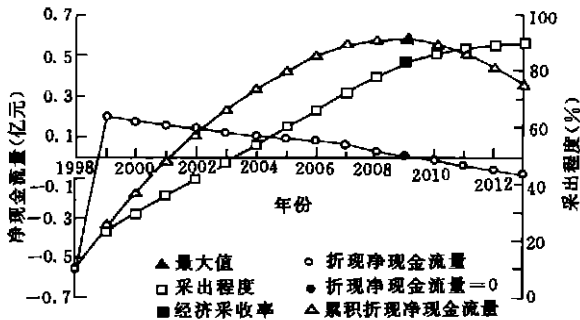


图 2 某气藏经济采收率分析图

油藏模型(RM) 软件在勘探阶段储层评价中的应用*

中国科学院地质与地球物理研究所 杨树春

中石化勘探研究院新区研究所 王果寿 王琳 杨飞 卿崇文

油藏模型(Reservoir Modelling 软件, 简称 RM 软件) 是 Schlumberger 公司推出的一种新型的地质应用软件, 该软件挂接于 Schlumberger 公司的 Geoquest 地质应用软件工作平台之下, 所需计算机硬件为工作站。

RM 软件可以应用于静态油藏描述, 地震构造解释, 绘制钻井综合柱状图, 为动态油藏描述提供数据等方面。在进行静态油藏描述时所需资料有: 地震数据库、测井数据(声波和密度测井数据)、岩心分析数据等。

储层横向预测原理

RM 软件储层横向预测基于地震数据资料, 在确定地层构造形态的基础上, 该软件在整个三维空间内提供一个反映构造形态的趋势面, 然后沿该构造趋势面进行体绘图, 生成相对低频阻抗体, 在此基础上加入低频通道, 生成绝对低频阻抗体或速度体, 通过建立测井物性参数(孔隙度、渗透率等)与井旁道绝对阻抗体的数学关系, 利用井旁道反演, 从而作出储层物性参数(孔隙度、渗透率等)的平面分布预测。

其相应的技术方法如下:

(1) 绝对低频阻抗体的生成:

$$\Delta G' = f(\Delta G, r_i)$$

式中: ΔG 为相对低频阻抗; $\Delta G'$ 为绝对低频阻抗; r_i 为测井数据上提取的低频属性(低频通道、振幅标准化因子等)。

(2) 测井物性与波阻抗的关系:

RM 软件在建立测井物性与波阻抗的关系时有线性和非线性关系两种:

非线性关系:

$$Q_k = f(\Delta G', G_i)$$

线性关系:

$$Q_k = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta G' + \sum_{i=1}^N b_i G_i$$

式中: Q_k 为测井物性(孔隙度、渗透率等); $\Delta G'$ 为绝对低频阻抗; G_i 为地震属性(振幅、频率等); N 为选择的地震属性量。

在得出 $Q_k = f(\Delta G', G_i)$, $Q_k = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta G' + \sum_{i=1}^N b_i G_i$ 关系的基础上, 利用绝对低频阻抗即可得出储层物性的横向变化。

RM 软件的应用

在了解 RM 软件原理的基础上, 用该软件对新鲜三维工区储层作出评价。

1. 工区地质状况

新鲜三维地震工区位于松辽盆地南部十屋断陷内, 区内有钻井四口, 在获得三维地震数据之前已有 $1 \times 1 \text{ km}$, $2 \times 2 \text{ km}$, $4 \times 4 \text{ km}$ 地震测网。区内包含有嫩江、姚家、青山口、泉头、登娄库、营城、沙河子、火石岭组的地层, 从十屋断陷整体研究情况来看, 沙河子组、营城组及登娄库组地层具有一定的生油能力, 泉一段为较好的储集层, 泉二段为较好的盖层。

在此研究基础上, 应用 RM 软件对泉一段储集层进行研究。

2. RM 模型反演

本次工作共进行了十条剖面的反演, 各剖面的反演参数

如果考虑气藏开发后采气成本上涨率由 2% 上升到 4%, 气藏经济采收率降为 78.15%。在采气成本上涨率为 2% 情况下, 天然气销售价格上涨 2%, 气藏经济采收率上升为 85.06%。

结论和认识

(1) 勘探开发投资在规定的回收期内无法收回的气藏经济采收率不存在; 反之, 经济采收率存在。勘探开发投资对经济采收率无影响, 但对开发经济效益产生影响。

(2) 影响气藏经济采收率的主要因素是气井废弃产量、生产井数、生产成本和气价。

(3) 提高气藏经济采收率的途径有:

①推广应用配套采气工艺和新技术, 提高单井产能, 降低气井废弃产量, 提高气藏最终采收率;

②逐渐降低单井生产成本; 优化方案设计, 尽量减少生产井数, 降低气藏开发过程中的总成本;

③加强营销, 争取较高气价。

参 考 文 献

- 1 蔡鹏展. 油田开发经济评价. 北京: 石油工业出版社, 1997
- 2 陈元千. 油气藏工程实用方法. 北京: 石油工业出版社, 1999
- 3 [美] 伊克库 C U. 天然气藏工程. 北京: 科学普及出版社, 1992

(收稿日期 2001- 08- 22 编辑 赵 勤)

able reserves, i. e. possible reserves, probable reserves and proved reserves, of condensate are estimated to be $1.199 \times 10^6 \text{t}$, $1.154 \times 10^6 \text{t}$ and $1.081 \times 10^6 \text{t}$ respectively and those of dry gas $7.52 \times 10^9 \text{m}^3$, $7.19 \times 10^9 \text{m}^3$ and $6.66 \times 10^9 \text{m}^3$ respectively; and finally the uncertainty factors are analyzed for the economically recoverable reserves.

SUBJECT HEADINGS: Dazhangtuo gas field, Condensate field, Production forecast, Recoverable reserve, Recovery factor, Reserve evaluation, Probability

Zhou Zhijun (*lecturer, postgraduate studying for his Doctor's degree*), born in 1966, graduated in reservoir engineering at the Daqing Petroleum Institute in 1990 and published several articles. Now he is mainly engaged in the research on oil and gas development engineering. Add: Anda, Heilongjiang (151400), China Tel: (0459) 4654630

METHODS OF DETERMINING GAS RESERVOIR ECONOMIC RECOVERY

Tian Lingyu, Zhou You, Jiang Yiwei, Ma Xiaoyuan, Song Guofu and Li Tao (Research Institute of Exploration and Development, Zhongyuan Petroleum Exploration Bureau). *NATURAL GAS IND.* v. 22, no. 2, pp. 95 ~ 97, 3/25/ 2002. (ISSN1000 – 0976; In Chinese)

ABSTRACT: Because planned economy has been carried

out in China for a long time, the economic performance of gas reservoir development has been always neglected and the recovery is mainly dependent on technological conditions of production. Under the conditions of market economy at present, the oil and gas production enterprises are most concerned about how to get a recovery with maximum economic returns, i. e. economical recovery, in gas reservoir development. Therefore, through studying gas reservoir economical recovery and applying it to the feasibility demonstration of gas reservoir development, the gas reservoir may be scientifically developed, which is very important to the policy-makers of the oil and gas production enterprises. In the paper, it is pointed out that the gas reservoir economical recovery is studied by use of both economically limiting production method and cash flow method and the gas reservoir recovery is also studied from the viewpoint of economic evaluation, thus making the recovery reflecting not only the technological conditions of production but also the economic performance of production.

SUBJECT HEADINGS: Oil and gas reservoir, Recoverable reserve, Recovery factor, Economic benefit, Economic evaluation, Method

Tian Lingyu (*female, engineer*), graduated from the Southwest Petroleum Institute in 1991. She has been engaged in natural gas development for a long time. Add: Puyang, Henan (457001), China Tel: (0393) 4821543 or 4816348

〔翻译 刘方槐〕
〔编辑 蒋静萍〕