

未开发石油储量评价及经济分类方法

董蔚凯 单守会

(新疆石油管理局勘探开发研究院, 克拉玛依 834000)

作者根据已探明未开发石油储量特征, 运用开发可行性评价技术, 对其在地质评价、工程评价的基础上, 预测开发指标, 进行综合评价。为使评价结果更可靠、更科学、更完整, 在储量经济评价指标分析之后, 制定了一套储量经济分类方法, 能更确切地反映储量开发的经济价值。

关键词 石油储量 储量评价 储量经济分类 石油开发

第一作者简介 董蔚凯 男 41岁 工程师 石油管理工程

石油储量是勘探工程各阶段的最终成果, 是编制油田开发方案、确定投资规模和制定国家经济建设规划的重要依据。

各油田的探明储量由于受地理环境、地质构造、储层特征、油层物性和原油性质等因素的制约, 对油田规划、开发设计、产能建设及开发效果可产生重要影响。因此, 在油田开发前对储量的认识不单纯是地质和开发技术上可行与不可行的问题, 而是从储量质量评价、开发动用可行性分析和经济指标研究到储量经济类别划分的系统工程, 其目的是科学地预测储量开发的经济效益, 提出开发动用意见, 以期更大提高油田开发的经济与社会效益。

一、未开发石油储量开发可行性评价

克拉玛依油田是一个已开发了三十多年的老油田, 在探明的石油储量中经济效益较好的层块基本上已动用, 另有三分之一属于效益较差的未开发石油储量, 其总体特征如下:

- (1) 储量大, 分布面积广、层位多。数亿吨未开发储量分别分布在四大层系 (C、P、T、J) 的不同层组中, 并且大部分属于远离已开发区的边远地带、边缘相带或属历年开发剩余区块。
- (2) 油藏类型多、地形复杂, 并且一般属于油层物性差的低孔、低渗油藏。
- (3) 油井产量差异大, 单井产能低, 自喷能力差, 天然能量不足。
- (4) 储量控制程度低, 钻井油建工作量大。
- (5) 储量品位低, 开发经济效益差。

上述不同方面的特征构成了油藏开发的诸多不利因素, 限制了油田开发规模和产量。但是, 若从石油勘探开发整体系统工程上来看, 这些未开发石油储量却又具有不需要再耗费勘探资金和可利用已开发区的部分地面设施和已配套的系统工程 etc 有利条件。若能充分发掘出这些未开发石油储量的潜力, 针对具体情况, 有的放矢地采取一些新的开发手段和工艺技术措施, 如通过改造油层来提高产量的措施, 将对油田开发建设产生不可低估的作用。

(一) 评价内容

对未开发石油储量的开发可行性评价包括储量质量评价、地质评价、工程评价及经济评价多方面的综合

评价技术。通过评价来预测油藏在某种开发条件下,可能获得的经济效益。在当前国家能源需求量大,而资金紧缺的情况下,如何使这些品位较低的未开发石油储量在现有的技术条件下开发获取较好的效益,就面临着一个怎样选择开发层块,由此确定投资方向,向决策部门提供决策依据的根本问题。运用开发可行性评价技术对未开发石油储量进行开发可行性评价正是解决这一问题的重要手段。

1. 油藏环境、地质、工程评价

油藏环境、地质及工程研究和评价是储量开发可行性评价的基础。对影响储量未开发的主要环境因素分析,除依托已开发区现有有利条件外,主要分析对勘探开发有较大影响的因素,包括对自然、地理、气候、水文、土地利用、环境地质等;对影响储量未开发的主要地质因素分析,则在充分消化勘探评价阶段的地震、钻井、试油及化验资料的基础上,从油藏类型、储量规模、地质构造、储层结构、胶结物成分、油层物性、原油性质、埋深、产能、含水、出砂、结蜡、油气比等方面给予客观的评价;对未开发储量的工程因素分析,主要包括油藏天然能量、压力温度系统及地层复杂条件、开发规划等方面的评价。

2. 储量可靠性评价

在对勘探程度分析的基础上,对探明储量的六个参数(面积、厚度、孔隙度、含油饱和度、体积系数、原油密度)进行可靠性评价。

3. 综合评价

在对油藏环境、地质、工程等方面进行综合研究后,从地质的动、静态角度出发,明确油藏是否具备近期开发的条件或需要进一步工作的实施意见。

(二) 开发井网和井距的选择

开发设想中的布井方式在很大程度上取决于开采方式,并且直接影响着油田采收率和经济效果。根据国内外油田开发经验,对于低渗透油藏大多数采用水驱开采,因此井网和井距必须适应于注水情况。而在面积注水开发方式中,常选择的井网形式有三种:五点法、四点法、九点法,由于它们的注采井数比分别为1:1、1:2、1:3,反映了不同的注水强度,应用中一般视油层的吸水能力及其油藏流体性质而确定,根据油层的分布也可整体部署,局部调整。

对于井距的选择可以通过以下几方面考虑:

1. 地下油层的分布连通状况

对某油藏试验井组的连通状况统计结果如表1。

由统计看出,井距越大,连通率越差。仅从连通角度出发,该油藏的井距选择不应大于300m。

2. 油层有效渗透率

前苏联学者季雅舍夫等人通过试井资料分析得出渗透率与泄油半径的相关关系为^[1]:

$$R = 171.8 + 0.5K$$

式中 R ——泄油半径, m; K ——有效渗透率, $10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。

根据渗透率越高,泄油半径越大。要求注采井距越大的关系可将上式换算为:

$$d = 304 + 0.94K$$

式中 d ——注采井距, m。

3. 经济合理井距

利用前苏联谢尔卡乔夫推荐的最终采收率与井网密度的关系,推导出经济合理井网密度公式如下^[2]:

$$aS = \ln \frac{NP\eta_o a}{Fb} + 2\ln S$$

式中 a ——与油藏流动系数有关的系数,无因次量; S ——井网密度, ha/口; N ——油田地质储量, t; P ——原油价格, 元/t; η_o ——驱油效率, %; F ——油田开发面积, ha; b ——单井投资额, 元/口。

井网密度对采油速度、采收率、单井产量、储量控制及经济净现值都有一定的影响。一般来说,采油速

表1 某油藏试验井组连通状况统计表

井 距 (m)	统计井数 (口)	厚度连通率 (%)
<300	6	45.80
300—500	12	27.20
>500	2	13.60

度应控制在1%—2%，单井控制储量在 5×10^4 — 20×10^4 t之间为宜。

(三) 开发指标预测

一般地讲，以采油速度或采油量的变化为主要指标，注水开发油田的开发全过程可以分为产能建设阶段、高产稳产阶段、递减阶段和开发结束等四个阶段。

在确定油藏具备开发条件下，根据油藏的地质特征，用几种可能的井网方式对开发全过程的产油量、注水量及综合含水等指标进行模拟预测，从中筛选出较佳方案，以期从经济角度进一步进行论证。

二、储量经济评价

(一) 经济评价参数

1. 开发井成本 根据近几年收集的财务成本资料，经统计分析和计算确定。

2. 地面建设投资 依据历史资料统计分析进行二元线性回归得出地面建设投资（包括系统工程投资）计算经验公式，其大小与产量和井数有关，即：

$$I_d = (1 + k_1 q_0 + k_2 d)$$

式中 I_d ——单井地面建设投资， 10^4 元/口； q_0 ——单井日产量，t/口·d； 1 ——常数， 10^4 元/口； d ——注采井距，m； k_1 ， k_2 ——回归系数，f。

另：

$$I_m = I_d \cdot W$$

式中 I_m ——地面建设总投资， 10^4 元； W ——开发总井数，口。

3. 经济参数 依据国家计委、储委及行业规定取值。

(二) 投资与生产成本

1. 投资

由开发钻井投资和地面建设投资两部分构成。由于提取储量有偿使用费作为勘探开发基金，并直接计入采油成本，因而在开发井网设计中被利用的探井投资不计入开发总投资，也不形成固定资产。

2. 生产成本

固定资产：从开发井投资和地面建设投资构成的总投资中取80%—85%形成固定资产。

折旧：从形成的固定资产中提取，折旧率为10%，残值5%。

经营成本：包括大修理费用，与井有关（井下作业费）、与产量有关（科研试验费、油田维护费）、与注水量有关（注水注气费）和与产液量有关（材料、燃料、动力、三脱费）的费用及与职工人数有关的费用（工资、职工福利基金、矿场经费、企业管理费）。其中的大修理费用从形成的固定资产中提取，提成率7%，并按评价年限一直提取。与产量有关的费用中包括储量有偿使用费和油田维护费两项，而经营成本中只计油田维护费。

(三) 主要指标

经济评价必须借助于经济指标来预测和反映储量开发的经济效益。储量评价中确定的指标将动态指标和静态指标相结合。

1. 静态指标 包括投资回收期、平均采油成本、投资效果。

2. 动态指标 包括财务净现值及净现值率、单位面积净现值及财务内部收益率。

(四) 储量财务评价方法

财务评价是根据国家现行财税制度和现行价格，分析测算项目的效益和费用，考察项目的获利能力、清偿能力及外汇效果等财务状况，以判别建设项目财务上的可行性。

储量财务评价是通过上述动、静态指标和辅助指标，对项目的盈利性进行分析。通过收集必需的技术参数和开发指标预测的数据表可建立储量评价项目的财务现金流量表，并最终计算出项目的主要技术经济指标和对项目经济效益及盈利性作出评价与分析。

(五) 未开发储量评价分类

在通过前面综合分析的基础上,以原石油部开发司颁布的《稀油未开发储量的分类评价标准》,作为对未动用储量评价分类的依据(表2)。

表2 石油地质储量的评价指标标准

地质评价标准						综合评价标准					
埋藏深度 (10 ³ m)	井深 (m)	地质储量 (10 ⁴ t)	等级	储量丰度 (10 ⁴ t/km ²)	等级	千米井深产量 (t)	储量丰度 (10 ⁴ t/km ²)	每米产能 (t/m)	采收率 (%)	投资回收期 (年)	评价类别
1.0	浅	10	特大	>400	特高	>10	>200	2.5	35	<8	高产(I)
1—2	中	1—10	大	200—400	高	6—10	100—200	1.5—2.5	25—35	8—15	中产(II)
2—3	中深	0.1—1.0	中	100—200	中	3.5—6	50—100	1.0—1.5	20—30	<(10)	中低产(III ₁)
3—4	深	0.1—0.01	小	50—100	低	1.5—3.5	50—100	0.4—1.0	20—30	(10—15)	低产(III ₂)
>4.0	超深	<0.01	超小	<50	特低	1.5	<50	<0.4	<20	(>15)	特低产(IV)

根据上述评价标准结合油田实际,从油藏特征、储量落实程度、开发可行性及工艺技术准备等方面,将未开发储量划分为近期可以动用的、难动用的、无法动用的和不落实储量四类。

1. 近期可以动用储量 一般属于I、II、III类品位储量,这类储量经济效益较好,在现有经济及工艺技术条件下,可以动用。

2. 难动用储量 这类储量在现有工艺技术及经济条件下,无经济效益。需要上浮油价或提高工艺技术水平,才能有一定的效益,这类储量一般为III₂类品位。

3. 无法动用储量 指在目前工艺技术和经济状况下无经济效益,无开发价值的储量,这类储量一般为IV类品位储量。

4. 不落实储量 指勘探程度较低,认识程度不够,还有待于进一步认识和评价的储量。

三、未开发储量经济类别划分

在未开发储量的开发评价中依据前述评价指标标准,基本上综合了各种评价技术,使储量的开发效益得到了一定体现。但从经济指标的运用上显然是不够完整的,未能将反映经济效益的指标作为一个系统来研究,因而,需进一步从经济价值的角度分析对储量进行经济分类,为储量开发提供更科学、更可靠的经济依据。

1. 经济分类指标的选择及依据

依据经济评价的主要技术经济指标,分析各类层块的经济指标特征,其指标主要有单位面积净现值、内部收益率和净现值率三项动态指标,作为主要分类指标,并辅以采油成本、投资回收期和投资效果等静态经济指标来划分。

选用这些指标是因为各项指标反映的侧面不同。净现值可反映收益的大小及“货币的时间价值”,但却无法反映油田的大小,也无法比选,因此将这项绝对指标改为可对比的相对指标“单位面积净现值”;内部收益率是一个典型的判别指标,可直接用以对方案进行比较,但缺点是没有考虑收益大小;净现值率则可反映投资额的大小。辅助指标中成本反映了生产者最关心的问题,却又与收益无关。投资回收期明确了投资回收年限,却对回收后的效益如何没有交待。各项指标互为补充,形成了一个完整的评价体系。

2. 经济分类标准

选择上述不同经济指标作为划分经济类别的标志和依据,其指标的范围是建立在它们所反映开发项目的获利能力、亏损程度、清偿能力等财务状况的基础之上,可将储量分为A、B、C、D四类(表3)。

表3 储量经济类别及指标特征

类 别		主 要 指 标			辅 助 指 标			主 要 特 征*
		单位面积 净现值 (10 ⁴ 元/km ²)	内 部 收益率 (%)	净现值率 (f)	平 均 采油成本 (元/t)	投 资 回收期 (a)	投资效果 (10 ⁸ 元/10 ⁴ t)	
A (经济的,好)		>500	>25	>2	200—300	<4	6—7	FNPV 大, FIRR、I _c 、FN- PVR 高, 成本低, 短期可 收回投资, 投资效果好
B (经济的,较好)		0—500	12—25	1—2	300—400	4—7	7—9	FNPV ≥ 0, FIRR > I _c , FN- PVR 较高, 成本较低, 投 资回收期较短, 投资效果 较好
C (次经济的)		0—300	0—12	0—1	400—519	7—10	9—17	FNPV < 0, 0 < FIRR < I _c , 0 < FNPVR < 1, 成本低于 油价, 投资可回收, 投资 效果较差
D	D ₁ (非经济)	-300—-700	无	-1—0	519—700	个别可回收	15—20	负的 FNPV 较大, FNPVR < 0, 成本高于油价, 多数 投资不能回收, 投资效果 差
	D ₂ (非经济)	-700—-1400	无	-2—-1	>700	不能回收	15—20	负的 FNPV 很大, FNPVR ≪ 0, 成本大大超过油价, 投资不能回收, 投资效果 极差

* 表中英文缩写: FNPV—财务净现值, FIRR—财务内部收益率, FNPVR—财务净现直率, I_c —折现率

A类: 经济类, 有经济价值的储量;

B类: 经济类, 次一级有经济价值的储量;

C类: 次经济类, 经济价值较低;

D类: 非经济类, 无经济价值。

依据表3中所列主要指标特征, A、B类与C类层块的主要界限是两类层块财务净现值分别大于零和小于零; 内部收益率分别大于或小于基准收益率; 净现值率分别大于1或小于1, 而A类和B类之间的界限依主要指标内部收益率确定, A类 $>25\%$, B类 $12\%—25\%$; 净现值率A类 >2 , B类 $1—2$, A、B类之间平均采油成本界限为300元/t。D类为“非经济”储量, C、D类中C类内部收益率 $0—12\%$, D类无收益率, C类净现值率 $0—1$, D类 <0 。

3. 经济分类的辅助方法

在常用的经济评价中还可运用敏感性分析、盈亏平衡分析等方法辅助分类。尤其是在敏感性分析时, 将影响因素变化幅度增大, 分析它们的极限幅度, 不但可配合划分经济类别, 分析主要影响因素, 还可通过分析找出不同类别储量受各因素影响效益变差或变好的临界点。

进行储量经济分类将使开发可行性评价更完善, 内容更翔实, 由此提供的评价标准更能反映储量的真实品位。

4. 经济分类实例

某油田有50个已探明未开发层块, 其中储量小于 500×10^4 t的占74%, $500 \times 10^4—1000 \times 10^4$ t的占14%, 大于 1000×10^4 t的占12%, 储量规模以中、小型为主; 单井平均日产量小于3t的占38%, 3—5t、5—10t各占30%, 大于100t的仅占2%; 储量丰度也很低。经开发可行性综合评价, 在未开发储量中, 已无中、高产

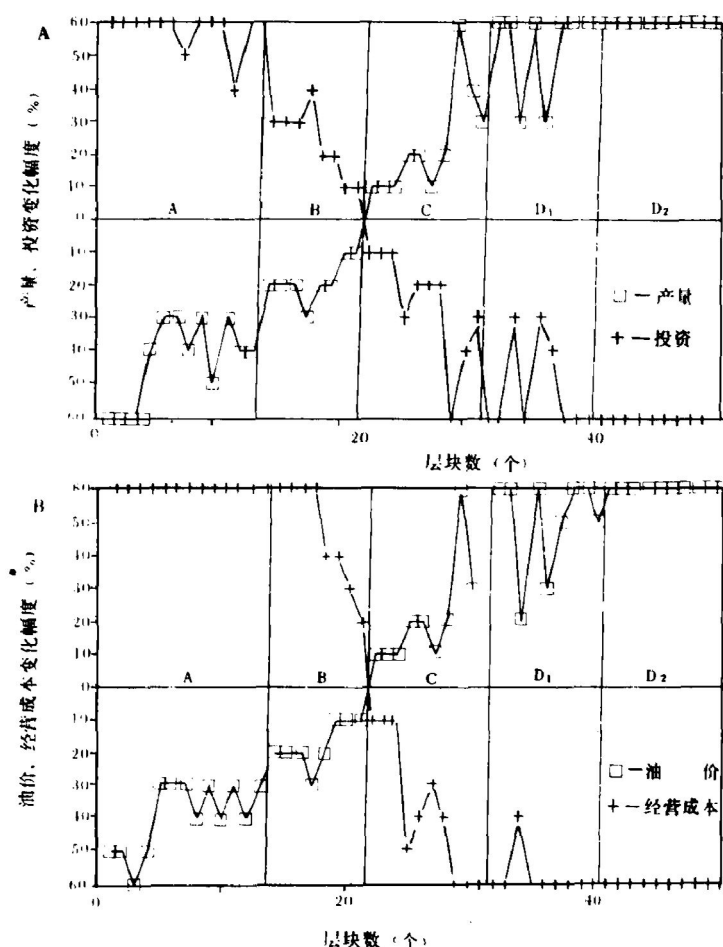


图1 敏感性极限幅度及经济分类图

的优质储量, 难动用和无法动用的储量占 60%, 均属低能、低产、油藏条件差、开采难度大的层块, 在现有技术条件下动用难度很大, 但为了充分挖掘资源潜力, 进一步优选出经济效益相对较好的层块, 对其进行了经济评价, 并将经济指标按经济分类标准和敏感性分析后的极限变化幅度, 划分了储量经济类别, 见图 1 (图中位于 $\pm 60\%$ 的坐标点实际为 $\geq 60\%$ 或 $\leq 60\%$ 的变化范围)。50 个层块中 A、B、C、D 类各占 26%、16%、20% 和 18% (表 3)。

经济评价和分类结果表明, 在众多难以动用的储量中, 仍有部分具有经济价值, 分类中次经济类储量在采取一定技术措施后也可以转化为可动用的。从主要影响因素分析, 若控制投资、提高产量或提高油价均可使储量升档。另外, 储量经济分类亦成为编制油田中、长期开发规划的重要依据。

该项分类与表 2 制定的储量综合评价标准对比基本吻合, 经济类别中 A 类相当于标准中的 III₁ 类, B、C 类相当于 III₂ 类, D 类中 D₁ 类属 III₂ 类较多、少量 IV 类, D₂ 类多属 IV 类, 少量 III₂ 类。因为经济分类与油藏分类的依据不同, 产生一定的差别是难免的。

结 束 语

未开发储量评价是一项综合性很强的评价技术, 选择不同的评价方法对评价效果有不同影响, 而评价结果对于开发投资者的决策所提供的依据又应具有较高的可信度, 尤其是经济评价将愈来愈被决策者所青睐。因此, 不断地完善和深化现代评价技术, 提高评价的可信度, 是该项工作今后的必然趋势。

参 考 文 献

- 1 黄英云. 大王庄油田留 70 井断块并网加密后油藏特征再认识. 古潜山, 1992; (1)
- 2 俞启泰. 计算水驱砂岩油藏合理并网密度与极限并网密度的一种方法. 石油勘探与开发, 1986; (4)

EVALUATION OF UNDEVELOPED OIL RESERVE AND ECONOMIC CLASSIFICATION

Dong Weikai Shan Shouhui

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Xinjiang Petroleum Administration, Karamay)

Abstract

Undeveloped oil reserve in Karamay Oilfield accounts for one-third of the proven oil reserve and is characterized by wide distribution, various reservoir types, complex in-situ condition and low production. The feasibility of developing this type of reserve is restricted by copious unfavourable factors, but it offers the advantage of economizing exploration cost and utilizing preexisting facilities in the developed area. If a full use of it could be made, it will take an inestimable role in oilfield construction.

In present paper, major geological and engineering factors that effect the reserve were analysed by application of development feasibility assessment technique. Based on the assessment of reserve reliability, water-injection method was selected, reasonable well spacing was determined, development index was predicted, and the economic assessment method of undeveloped oil reserve was proposed. The undeveloped reserve was then classified as recoverable, hard to recover, unrecoverable and undetermined reserves. In consideration of the economic effect of post-development, a set of indices (predominantly dynamic) were optimized to economically classify the undeveloped reserve. The analysis examples have proved the reliability and coincidence of this economic classification and the criteria of the reserve assessment.