

The Analysis of Evaluation Index of Low-Grade Reservoir Operation Based on Data Mining

Yihua Zhong, Dan Wang, Qingqing Li, Jiao Zhao

School of Science, Southwest Petroleum University, Chengdu
Email: zhongyh_65@126.com

Received: Sep. 16th, 2014; revised: Sep. 30th, 2014; accepted: Oct. 10th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In the situation where operating efficiently untapped low-grade reservoirs is a urgent mission for our petroleum industry to execute, this paper presents the method to construct index system on benefit evaluation of untapped low-grade reservoir operation by using comprehensively the idea of reservoir operation, the analysis method of economic evaluation and multiple methods of data mining. Through a lot of case studies, the benefit evaluation index systems of untapped low-grade low permeable and heavy oil reservoirs are determined. These index systems may establish the foundation for oilfield enterprises to evaluate the operational benefit of untapped low-grade low permeable and heavy oil reservoirs and to formulate the optimal scheme of operating these reservoirs.

Keywords

Benefit Evaluation, Index System, Low-Grade Reservoir, Input-Output Analysis, Correlation Analysis

基于数据挖掘的低品位油藏经营评价指标分析

钟仪华, 王 丹, 李晴晴, 赵 娇

西南石油大学理学院, 成都
Email: zhongyh_65@126.com

收稿日期：2014年9月16日；修回日期：2014年9月30日；录用日期：2014年10月10日

摘要

本文针对高效经营未开发低品位油藏是我国石油行业即将面临的迫切任务情况,综合使用油藏经营思想、经济评价的分析方法和多种数据挖掘方法,提出了建立未开发低品位不同油藏经营效益评价的指标体系方法。通过大量实例统计研究,确定了低渗透和稠油未开发低品位油藏经营效益评价的指标体系。建立的未开发低品位不同类型油藏经营效益评价的指标体系可为油田企业评价该类油藏的经营效益,进而制定经营这些油藏的最佳方案奠定基础。

关键词

效益评价, 指标体系, 低品位油藏经营, 投入产出分析, 关联分析

1. 引言

美国、加拿大和荷兰等发达国家在其本土长期开发石油的实践证明,在自然界中“低品位油藏”和“高品位油藏”石油资源总量相近,甚至大大超过;他们都十分重视“低品位油藏”石油资源的开发利用,从国家能源安全的角度考虑,实行特殊的经营管理方式和优惠的税费制度,取得了丰厚的社会和经济效益。中国石油地质条件的复杂性是举世公认的,50多年来大规模的勘探开发实践证明,“低品位油藏”资源占总资源量的一半左右;现在容易开发的储量和整装大油田都已经进入中后期,正处于努力稳产阶段,致使石油供需失衡矛盾加剧,对外依存度超过50%。在国际、国内原油日益紧缺的情况下,加大“低品位油藏”的经营力度将是我国石油工业面临的迫切任务。

迄今,世界各国只有少数的理论和实际工作者在系统地研究低品位油藏的经营管理问题。已有的研究文献和成果大多是从微观、工艺技术角度研究如何开发低品位油藏的[1]-[4];即使从宏观角度讨论的,也仅从某个或某几个方面定性讨论其开发策略[5]-[9]。本文着眼于宏观、系统和油藏经营管理角度,基于已经建立的经营模式理论[10],研究建立未开发低品位油藏经营效益评价指标体系的方法,为油田评价该类油藏的经营效益、寻求其最佳经营方案奠定基础,以便为向国家争取更多的财税和开发优惠政策提供依据。

2. 定性分析方法

未开发低品位油藏主要涉及低渗透油藏、稠油油藏或重油等特殊油品油藏及地面条件复杂油藏。这类油藏经营一般具有经营周期长、一次性投资额大、开发风险高等特点,因此应按以下方法步骤定性分析建立其基本指标体系。

2.1. 投入产出分析评价

从投入产出的角度,在油藏、钻井、采油、地面评价数据基础上,分析计算未开发低品位油藏经营的投资、费用、收入、盈利状况及借贷款偿还能力,以评价其经济可行性。

2.2. 风险分析评价

油藏经营的风险分析评价是指识别和评估在油藏经营中潜在的主要风险因素[11],揭示风险来源、判

别风险程度，提出规避风险的对策，降低风险损失。在未开发低品位油藏经营中，应着重考虑如下七类风险：资源风险、市场风险、技术风险、工程建设施工风险、外部协作风险、资金风险、其他风险如政策风险与社会风险等。

2.3. 基本评价指标体系

1) 经营效益评价指标

采用以现金流为基础的投入产出方法评价未开发低品位油藏的经营效益，结合其油藏地质特征，确定财务净现值、内部收益率、投资回收期[11]为其经营效益的评价指标。

2) 经营效益评价指标的影响因素

影响未开发低品位油藏经营效益的因素很多，包括内在的地质因素，地面、工程设计、管理中的技术因素，及政策因素。

3) 经营效益评价的基本指标体系

依据对未开发低品位油藏经营的投入产出分析和风险分析[11][12]，并结合至今国内外常用的油藏经营效益的评价指标，可初步确定出未开发低品位油藏经营效益评价的指标及其影响因素；再利用因子分析和相关分析原理，建立了不同未开发低品位油藏经营效益评价的基本指标体系，如表 1。

3. 定量分析方法

在第 1 节建立的基本指标体系基础上，采用关联分析方法，研究各指标之间及各项影响因素之间的相关性，分析每项因素与指标之间的关联关系，筛选出影响程度较大的指标及其影响因素，据此构建不同类型未开发低品位油藏经营效益的评价指标体系[13][14]。

3.1. 方法步骤

步骤 1 确定分析序列

首先根据所研究的实际问题确定评价指标作为因变量因素，指标的影响因素作为自变量因素。设因变量数据时序序列为参考序列 x'_0 ，各自变量数据时序序列构成比较序列 $x'_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$ ，且其观测的时序点个数为 N 个，则得到研究对象数据 $x'_i(k) (i = 0, 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, N)$ 的一个 $(n+1) \times N$ 的二维表格。

Table 1. The basic index system of business benefit evaluation on low permeability undeveloped low grade reservoir
表 1. 低渗透未开发低品位油藏经营效益评价的基本指标体系

指标	指标的影响因素			
	油藏地质	投资和成本	收入及税金	开发政策及经营方式
财务净现值 内部收益率 投资回收期	平均渗透率 有效厚度 储量丰度 油藏埋深 单井初产	钻井井数 水平井数 平均井深 每米进尺成本 油井井数 总井数 单井采油工程投资 单井地面工程投资 固定资产投资贷款利率 投资借款比例 钻井投资折旧年限 地面建设投资折旧年限 产液量 产油量 注水量 注药剂量	原油价格 原油商品率 增值税率 城市建设税率 教育附加费率 油资源税率 资源税 所得税率 所得税 特别收益金比率 特别收益金	基准收益率 投资税收抵免政策 资金支持政策 矿产资源补偿费 自营
备注	投入产出分析、风险分析			

步骤 2 对变量序列进行无量纲化

原始变量的时序序列一般具有不同的量纲或数量级，常用均值法，即公式(1)消除不同的数量级对分析结果的影响。

$$x_i(k) = \frac{x'_i(k)}{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x'_i(k)}, \begin{cases} i = 0, 1, 2, \dots, n \\ k = 1, 2, \dots, N \end{cases} \quad (1)$$

步骤 3 计算各个因素之间的关联度系数

$$r_{0m}(k) = \frac{\min_k |x_m(k) - x_0(k)| + \rho \times \max_m \max_k |x_m(k) - x_0(k)|}{|x_m(k) - x_0(k)| + \rho \times \max_m \max_k |x_m(k) - x_0(k)|}, \quad m = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

式中 $r_{0m}(k)$ 表示第 k 个时刻变量序列 x_m 与 x_0 的关联系数；参数 ρ 称为分辨系数，在 $(0,1)$ 内取值， ρ 取较小的值，可以提高关联系数间差异的显著性。一般情况在 0.1 至 0.5 间取值。

步骤 4 计算所有变量之间的关联度

$$r_{0m} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N r_{0m}(k), \quad m = i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

步骤 5 确定评价指标的影响因素

首先按关联度的大小将影响因素排序；然后对有序序列进行序分类；其次根据序分类结果，确定评价指标的影响因素。

步骤 6 构建不同类型油藏经营效益评价的指标体系

由于属于同一类型的低品位油藏无论是地质特性还是经济特性都较为相似，因而可以对同类型区块采用上述方法，挑出与评价指标关联度大的影响因素；然后采用统计的方法，在评价指标关联度大的影响因素中选出出现频率大的影响因素；最后结合专家经验，并参照文献[15]中油田开发效果评价指标的筛选原则和方法，确定出该类油藏经营效益评价的指标体系。

3.2. 实例研究

采用上述方法，在表 1 基础上，着重定量研究了中国某油田未开发低品位不同类型油藏经营的财务净现值和内部收益率与它们的 28 项影响因素的关系，确定出未开发低品位不同类型油藏经营效益评价的指标体系。下面以低渗透未开发低品位油藏为例说明其过程。

1) 确定研究对象序列

分别确定内部收益率、财务净现值作为因变量因素，其余的指标：钻井井数、水平井数、平均井深、每米进尺成本、油井井数、总井数、单井采油工程投资、单井地面工程投资、固定资产投资贷款利率、投资借款比例、钻井投资折旧年限、产液量、产油量、注水量、注药剂量、原油价格、原油商品率、增值税率、城市建设税率、教育附加费率、油资源税率、所得税率、特别收益金比率、基准收益率、特别收益金、所得税、资源税、资金支持政策(借款)作为自变量影响因素。设因变量数据时序序列为参考序列 x'_0 ，各自变量数据时序序列构成比较序列 $x'_i (i = 1, 2, 3, \dots, 28)$ ，且它们观测的时序点个数为 15 个，即从 2008 年到 2022 年，则得到研究对象数据 $x'_i(k) (i = 0, 1, 2, \dots, 28; k = 1, 2, \dots, 15)$ 的一个 29×15 的表格。

2) 计算各个影响因素与内部收益率、财务净现值之间的关联度

首先分别对内部收益率、财务净现值时间序列与其各自的自变量时间序列无量纲化，然后计算出它们与其各自影响因素从 2008 年至 2022 年的关联度系数(ρ 取 0.1)，进而计算出内部收益率与其(1)中的 28

项目自变量影响因素的关联度为 R_1 ，即

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.1905 & 0.1971 & 0.1904 & 0.2915 & 0.2967 & 0.2975 & 0.2915 & 0.2915 \\ 0.2915 & 0.2915 & 0.3766 & 0.2803 & 0.2269 & 0.2269 & 0.1827 & 0.2915 \\ 0.2915 & 0.2915 & 0.2915 & 0.2915 & 0.2915 & 0.2915 & 0.2915 & 0.2915 \\ 0.2915 & 0.1751 & 0.2428 & 0.1904 & & & & \end{bmatrix}$$

财务净现值与其(1)中的 28 项目自变量影响因素的关联度为 R_2 ，即

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.6077 & 0.5930 & 0.6024 & 0.3471 & 0.3413 & 0.3404 & 0.3471 & 0.3471 \\ 0.3471 & 0.3471 & 0.4176 & 0.3547 & 0.5575 & 0.5575 & 0.6104 & 0.3471 \\ 0.3471 & 0.3471 & 0.3471 & 0.3471 & 0.3471 & 0.3471 & 0.3471 & 0.3471 \\ 0.3471 & 0.6662 & 0.5779 & 0.6030 & & & & \end{bmatrix}$$

3) 确定出低渗透未开发低品位油藏经营效益评价的指标体系

利用步骤 4，确定内部收益率和财务净现值的影响因素：原油价格、增值税率、城市建设税率、教育附加费率、特别收益金比率、基准收益率、产液量、总井数作为评价指标的影响因素。利步骤 5，通过对 50 个低渗透未开发低品位油藏区块数据计算，构建了该类油藏经营效益评价的指标体系，见表 2。

类似地构建了稠油未开发低品位油藏经营效益评价的指标体系，见表 3。

4. 结论

低品位新区和难开发储量逐渐成为我国老油田产能建设的主阵地，所以高效经营未开发低品位油藏是维护国内石油市场的供求平衡、延长石油资源战略接替时间的有效途径之一。本文针对如何评价未开

Table 2. The index system of business benefit evaluation on low permeability undeveloped low grade reservoir
表 2. 低渗透未开发低品位油藏经营效益评价的指标体系

指标	指标的影响因素			
	地质开发	成本及投资	收入及税金	开发政策
财务净现值	平均渗透率	总井数 油井井数	原油价格 增值税率	基准收益率
内部收益率	单井日产	开发工程投资 资本化部分投资	城市建设税率	资金支持政策
投资回收期	综合含水	折旧折耗 投资借款比例	教育附加费率	投资税收抵免政策
	采出程度	产油量 注水量	油资源税率 所得税率	
	采油速度	产液量 注药剂量	特别收益金比率	

Table 3. The index system of business benefit evaluation on heavy oil undeveloped low grade reservoir
表 3. 稠油未开发低品位油藏经营效益评价的指标体系

评价指标	影响因素			
	地质开发	操作成本	收入及税金	开发政策
财务净现值	地面粘度	总井数 油井井数	原油价格 增值税率	基准收益率
内部收益率	单井日产	开发工程投资 资本化部分投资	城市建设税率	资金支持政策
投资回收期	综合含水	折旧折耗 投资借款比例	教育附加费率	投资税收抵免政策
	采出程度	产油量 注气量 注药剂量	油资源税率 所得税率	
	采油速度		特别收益金比率	

发低品位油藏经营效益问题,从投入产出和风险分析的角度出发,利用因子分析、相关分析原理、专家经验、油田开发效果评价指标的筛选原则和方法,采用关联分析方法和统计方法,提出了建立未开发低品位不同类型油藏经营效益的评价指标体系的方法。通过大量实例研究,形成了未开发低品位两类油藏经营效益的评价指标体系。本文提出的方法也可用来确定不同类型油气藏经营效益的评价指标体系。

参考文献 (References)

- [1] 毕秋军, 宋书君, 张本华等 (2000) 孤岛油田零散低品位储量开发实践与认识. *石油勘探与开发*, **27**, 60-62.
- [2] Hou, W. and Allinson, W.G. (2008) The comparison of the severity and the efficiency of fiscal terms in the Asia Pacific Region. *International Petroleum Technology Conference*.
- [3] 刘子良, 司云革, 于孝玉等 (2003) 吉林油田未动用难采储量评价技术方法. *中国石油勘探*, **8**, 65-68.
- [4] 苏玉亮, 李涛 (2009) 平面非均质性对特低渗透油藏水驱油规律的影响. *油气地质与采收率*, **16**, 69-71.
- [5] 查全衡 (2004) 高水平动用低品位石油——中国低品位石油储量/资源利用现状及前景. *中国石油企业*, **5**, 116-119.
- [6] 肖武, 田世澄 (2010) 低品位储量开发现状及其措施对策. *特种油气藏*, **17**, 4-9.
- [7] 周盛新 (2006) 加快我国难动用原油储量开发的探讨. *石油天然气学报*, **28**, 141-159.
- [8] 刘其先 (2004) 让油气难动用储量“动”起来——东胜精攻公司有效开发难动用储量模式调研. *特种油气藏*, **11**, 84-87.
- [9] Akinpelu, L.O. and Omole, O.A. (2009) Economics of Nigerian marginal oil fields—Identifying high impact variables. *Nigeria Annual International Conference and Exhibition*.
- [10] 钟仪华, 朱海双, 邴绍献等 (2011) 未开发低品位油藏经营模式理论及其应用. *油气地质与采收率*, **18**, 106-110.
- [11] 刘志斌, 任宝生 (2008) 油价系统模拟及油田企业最优开发决策. 石油工业出版社, 北京, 181-193.
- [12] 聂振霞, 赵小军, 刘浩瀚 (2010) 低品位油藏经营风险评价模型及其应用. *西南石油大学学报(社会科学版)*, **3**, 12-16.
- [13] 钟仪华, 王昱 (2011) 特高含水油田开发动态指标及影响因素. *大庆石油地质与开发*, **31**, 91-94.
- [14] Yang, Y., Liu, Z.-B. and Zhong, Y.-H. (2009) Application of data mining in development index forecast of an oilfield during the middle and later stage. 2009 WRI World Congress on Computer Science and Information Engineering, Los Alamitos, 291-296.
- [15] 孙伟 (2006) 特高含水期油田开发评价体系及方法研究. 博士学位论文, 中国石油大学, 东营.