文章编号:1001-3873(2000)02-0144-04

辽河油田海南构造带储集层评价参数与标准

宋子齐,谭成仟,吴少波,高兴军,雷启鸿
(西安石油学院工程系 西安 710065)

摘 要:利用灰色系统理论,通过辽河海南构造带30多口井东三段储集层测井资料的精细评价研究和实际应用,以统计分析特征值及其准确率、分辨率,建立起该区储集层物性及较好储集层(一、二类)、差储集层(三类)含油性的精细评价参数、标准、权系数和软件系统,计算出相应的测井储集层参数,评价处理出一、二、三、四类储集层及油气层。经与该区相应井段试油及地质资料相对比,评价解释准确、可靠地反映出区内主力油气层分布和特点,为该区构造带进一步勘探开发提供了相应的地质依据。

主题词: 辽河油田;储集层;评价;特征;参数;标准
中图法分类号: TE112.23 **文献标识码**:A

辽河滩海地区海南构造带位于大洼县21 km处,地面为陆滩和海滩,槽沟纵横,地形复杂。该区披覆构造带油气具有平面上广泛分布,垂向上多层系含油的特点,但各层系富集程度差异较大。目前,主要在东营组获得了高产工业油气流,其东三段(d_3)三角洲砂体为该区构造带主要含油气目的层段。该段油气层受岩性、构造双重控制,埋深在2 050~2 400 m,主要为受海南断层控制形成的披覆背斜和低幅度断鼻构造,纵向上多呈薄层分布,形成较平缓构造背景上受砂体分布控制的油气藏。该区所钻井大部分位于滩海、滩涂,有相当一部分探井采用海水基泥浆钻井,这些井的油气层测井电阻率明显偏低,测井出现一系列问题,储集层岩性、物性、含油气情况与测井响应情况复杂,测井解释的难度很大。为此,本文利用灰色系统理论,侧重测井地质精细评价油气储集层的方法,深入研究不同地质环境下各种资料与测井响应的关系,建立测井地质关系数据库,选择、匹配、提取储集层物性和含油性评价的特征性参数,分别对精细划分的储集层物性和含油性情况进行统计,建立起东三段主要含油气目的层段物性、含油性评价解释标准、权系数和指标,并进行精细评价解释。

1 建立储集层精细评价的特征性参数、标准、权系数

1.1 灰色系统理论储集层精细评价解释标准、权系数

灰色系统理论是指既含已知又含未知的因果关系的系统,用灰色系统来预测和评价储集层及其物性、含油气情况,就是把油气田勘探开发看作一个包含已知因素(如测井、地质或地震获取的信息)和未知因素(如储集层物性、油气分布、产能等)的灰色过程。通过匹配、自动拟合和提取参数,统计确定灰色信息系统中每个参数的特征值。然后利用这些参数、指标及特征值去白化灰色系统,实现直接描述特定地质现象和储集层岩性以及所含流体性质。从而,最大限度的应用计算机手段,对储集层进行精细评价和综合解释。

系统的解释标准和权系数是利用地区测井地质关系数据库,分别以某参数对储集层物性、含油性进行统计确定的。

采用统计特征值数据列 X_α 进行评价(包括储集层物性、含油性或岩性),则有

$$X=\{X_\alpha(1),X_\alpha(2),\cdots,X_\alpha(n)\}. \tag{1}$$

以特征值绝对差大小 $|X_\alpha(k)-X_{\alpha+1}(k)|$ 为准确率;用标准离差平方和的方根 $\sqrt{\sigma_i^2(k)+\sigma_{i+1}^2(k)}$ 为分辨率。

利用准确率和分辨率组合建立评价标准的权系数:

$$Y_\alpha(k)=\frac{|X_\alpha(k)-X_{\alpha+1}(k)|}{\sqrt{\sigma_i^2(k)+\sigma_{i+1}^2(k)}}. \tag{2}$$

上述两式中 $i=1,2,\cdots,m-1$;
$k=1,2,\cdots,n$.

收稿日期: 1999-08-19
作者简介: 宋子齐(1946-),男,教授,从事测井解释、油藏描述、剩余油研究和教学工作。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

对于相邻权系数 $i=2,\cdots,m-1$,采用左右平均值处理:

$$\overline{Y}_{oi}(k)=[\overline{Y}_{oi}(k)+\overline{Y}_{oi+1}(k)]/2\,. \tag{3}$$

对于边际权系数,分左、右进行单边处理,

左边　$Y_{oi}(k)=Y_{oi}(k)$,　$(i=1)$. (4)

右边　$Y_{oi}(k)=Y_{oi}(k)$,　$(i=m)$. (5)

然后,对评价标准的权系数进行标准化处理得

$$Y_i(k)=\frac{Y_{oi}(k)}{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}Y_{oi}(k)}\,. \tag{6}$$

采用上述测井地质分析准则,分地区建立储集层物性、含油性或岩性评价标准数据列和权系数数据列。

1.2 建立储集层精细评价的特征性参数、标准及权系数

采用上述分析准则,利用该区构造带东三段目的层段具有代表性的测井、地质资料,确定储集层评价的特征性参数,建立起油气储集层精细评价解释标准及权系数,并进行灰色多元加权归一分析和处理。

评价该区储集层物性的特征性参数,主要是利用地区测井储集层参数转换得到的。包括孔隙度(Φ)、渗透率(K)、泥质含量(V_{sh})粒度中值(M_d)等参数,它们分别由统计分析和不同结构的神经网络模型计算给出的[1)]。

此外还采用评价储集层的第 5 个特征性参数,即地层径向电阻率比值幅度 R_{tx1} 为

$$R_{tx1}=\left|R_t/R_{xo}-1\right|, \tag{7}$$

式中　R_t——深探测地层电阻率,Ω·m;

R_{xo}——冲洗带地层电阻率,Ω·m.

在分析该区东三段主要目的层段储集层物性评价标准和权系数的研究中,把储集层按物性分为好(一类)、中(二类)、差(三类)、干(四类)等四个级别。

好储集层(一类)主要指厚度大、岩性较粗的砂体。储集层岩性主要为细—较粗砂岩,部分砂砾岩,少量泥质粉砂岩。泥质胶结物含量低,孔隙度一般 25%~35%,渗透率 200×10^{-3}~$2\,000\times10^{-3}$ μm²,泥质含量一般小于 10%. 该类储集层含油气井段长,单层厚度较大,试油可获较高工业油气流。

中等储集层(二类)主要指厚度较大、岩性变细的砂体。储集层岩性主要为粉、细砂岩,部分泥质粉砂岩,泥质胶结疏松。孔隙度一般 20%~30%,渗透率 10×10^{-3}~500×10^{-3} μm²,泥质含量 10%~20%. 该类储集层一般含油气井段较长,单层厚度也较大,层内、层间非均质性较弱,试油基本上可获得工业油气流。

差储集层(三类)主要指厚度较小、岩性较细的砂体。岩性主要为粉砂岩,少量泥质粉砂岩,有的局部含灰质,泥质胶结。孔隙度一般 10%~20%,渗透率一般 0.5×10^{-3}~10×10^{-3} μm²,泥质含量都在 20%以上。一般含油气井段较短,试油可获少量油气流或无明显产能,但压裂后可获不同程度油气流和产能。

干层(四类)则物性极差,录井无明显油气显示,试油无产能。

实际应用中,通过该区构造带东三段储集层岩石学特征和不同类型储集层的评价特征性参数、试油及地质资料分析,按(1)式统计确定出储集层类型的评价标准,并依据评价标准反映储集层的准确性和分辨率,按(2)、(3)、(4)、(5)、(6)式统计确定出储集层评价标准的权系数,其数值列于表 1 中。

表 1　海南构造带东三段储集层物性评价解释标准及权系数

评价参数	类别	储集层物性评价解释标准及权系数				权值
		好(一类)	中(二类)	差(三类)	干(四类)	
Φ(%)	标准	27.00	22.13	17.00	12.00	1.5
	权系数	0.93	1.00	1.03	1.04	
V_{sh}(%)	标准	8.00	18.00	25.00	36.00	1.3
	权系数	1.12	1.05	0.93	0.90	
M_d(mm)	标准	0.31	0.12	0.05	0.02	0.5
	权系数	1.16	1.01	0.89	0.94	
K(10^{-3}μm²)	标准	250.00	80.00	5.00	0.10	0.6
	权系数	0.97	0.98	1.01	1.04	
R_{tx1}	标准	0.90	0.60	0.30	0.10	0.4
	权系数	1.10	1.08	0.87	0.95	

1.3 测井评价特征参数

该区主要应用测井信息和地质参数的各种组合、变换,确定储集层含油性的测井评价特征性参数。

(1) 地层电阻增大率(R_{to})　可以先计算出一条地层百分之百含水的电阻率曲线,再计算深探测电阻率与此曲线的比值,用以反映地层的含油气性质,其式为

$$R_{to}=R_t/R_o, \tag{8}$$

1)　宋子齐,谭成仟等. 辽河滩海地区油气层测井精细评价研究,1999.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

式中　R_t——深探测电阻率,Ω·m;

R_o——地层百分之百含水时电阻率,Ω·m.

其中,

$$R_o=aR_w/(\Phi^m 0.95^n), \tag{9}$$

式中　R_w——地层水电阻率,Ω·m;

a——地层因素表达式中与岩性有关的系数;

m——胶结指数;

n——饱和度指数。

如果地层不纯,可以用双水模型公式

$$R_o=aR_{wi}R_{wf}/[\Phi^m S_{wi}R_{wf}+\Phi^m(1-S_{wi})R_{wi}], \tag{10}$$

式中　R_{wi}——地层束缚水电阻率,Ω·m;

R_{wf}——地层自由水电阻率,Ω·m;

S_{wi}——地层束缚水饱和度,%.

以上束缚水、自由水电阻率,可以用试水、注入水资料和阿尔奇方程计算。由于该区尚缺压汞资料,利用相应井段泥质含量与束缚水饱和度的转换关系,对束缚水饱和度进行估算,a、m、n 数据则以岩电实验、试水和测井资料确定[1)]。

(2) 地层含油饱和度(S_o)　采用该区模型计算结果

$$S_o=1-S_w. \tag{11}$$

(3) 视地层水电阻率(R_{wa})　采用地层孔隙度和深探测电阻率测井资料计算视地层水电阻率

$$R_{wa}=\Phi^m R_t/a. \tag{12}$$

(4) 深探测电阻率相对值(R_{t1})　若区域内钻井泥浆电阻率稳定,则相邻井地层剖面中岩性相近的地层电阻率应相接近。此时电阻率测井仪器的刻度、基值及性能则是影响地层电阻率值的主要因素。采用地层电阻率相对值可以在一定程度上减少这种影响,从而较好反映地层电阻率变化及其含油气性质,其计算公式为

$$R_{t1}=(R_t-R_{tmn})/(R_{tmx}-R_{tmn}), \tag{13}$$

式中　R_{tmn}——处理井段中深探测电阻率最小值;

R_{tmx}——处理井段中深探测电阻率最大值。

(5) 地层径向电阻率比值(R_{txo})　由于使用比值,可减少测量误差的影响,其计算公式为

$$R_{txo}=R_t/R_{xo}. \tag{14}$$

同样,按(1)式统计确定出不同类型储集层的含油性评价标准。并依据评价标准反映相应储集层的准确性及分辨程度,按(2)、(3)、(4)、(5)、(6)式分别统计确定出相应储集层(较好及较差两类)含油性评价标准的权系数,其数值列于表 2 中。

表 2　海南构造带东三段储集层含油性评价解释标准及权系数

评价参数	类别	储集层物性评价解释标准及权系数						权值
		较好储集层			差储集层			
		油气层	油水同层	水层	油气层	油水同层	水层	
R_w	标准	3.00	1.90	1.00	2.60	1.80	1.00	0.9
	权系数	1.04	0.95	1.01	1.05	0.92	1.00	
S_o(%)	标准	60.00	45.00	30.00	45.00	34.00	20.00	1.5
	权系数	1.06	1.03	0.91	0.95	1.08	0.97	
R_w(Ω·m)	标准	2.00	1.30	0.50	1.60	1.10	0.45	1.0
	权系数	0.95	0.97	1.08	0.98	0.97	1.05	
R_{t1}	标准	0.80	0.50	0.30	0.60	0.40	0.25	0.8
	权系数	0.97	1.11	0.94	0.97	1.14	0.89	
R_{txl}	标准	2.00	1.50	1.00	1.60	1.30	1.00	0.5
	权系数	0.98	0.99	1.03	0.98	0.99	1.03	

2　实际应用

利用上述精细评价储集层的特征性参数、标准和权系数,采用矩阵分析、标准化、标准指标绝对差的极值加权组合放大及综合归一,进行精细评价解释,并与改进后的神经网络技术配套,利用 MSC6.0、FORTRAN 及汇编语言混合编程,建立一套精细评价油气储集层的软件系统。

目前,该解释软件已在微机和 SUN 工作站上实现了精细评价和解释。系统的各种分析处理模块,可以在集成环境下由中文菜单统一管理运行,也可以单独以命令方式运行,系统主要内容包括:自动提取不同区域测井储集层参数训练样本,选择、匹配和利用地层岩性、物性、含油气性评价参数,建立相应的灰色系统理论评价解释标准和权系数,分别进行测井储集层参数的神经网络学习、训练、预测及误差评价,并自动进行岩性、物性、含油性的灰色多元加权归一分析和处理,以及相应的资料输入、成果输出、屏幕显示及绘图等。

通过该区构造带 30 多口井东三段主要含油气目的层段储集层精细评价分析和处理,计算出相应的测井储集层参数,划分出好、中、差储集层及干层,并对物性、含油性作出了评价。

图 1 是该区构造带海南 22 井东三段油气层测井

1)　宋子齐,谭成仟等. 辽河滩海地区油气层测井精细评价研究,1999.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

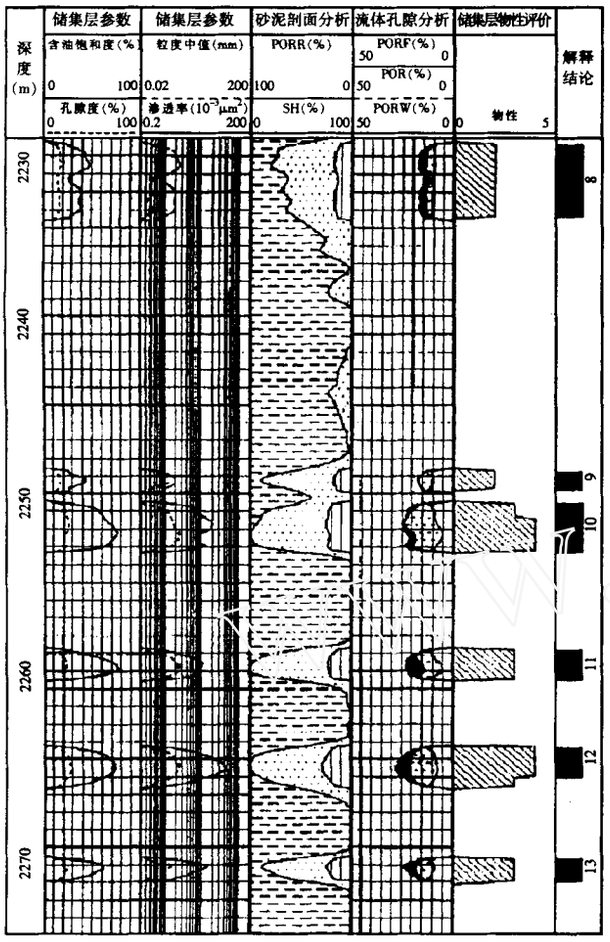

图 1　海南构造带海南 22 井油气层测井精细评价解释成果

储集层精细评价解释成果图。该井段位于构造带中间部位东三段Ⅲ油组,从第 8 层段到第 13 层段,储集层物性变化较大,其孔隙度在 18%~28%,渗透率在 1×10^{-3}~300×10^{-3} μm²,含油饱和度 50%~80% .井段油层多,厚度小,油层单层厚度一般 1~3 m,个别近 5 m(第 8 层)。其中,第 10、12 层评价为一类好储集层,第 11、13 层评价为二类中等较好储集层,第 8、9 层则评价为三类较差储集层,总体评价归为较好油气储集层。经第 9 层至第 13 层合层试油,日产油 56.7 t/d,气少量。

该构造带上还有一系列测井精细评价解释成果,它们都与相应层段试油、试采情况相吻合,或者趋于一致。

3　结束语

利用灰色系统理论,建立测井地质关系数据库,自动选择、匹配、拟合和提取参数。其中,储集层物性评价特征性参数,包括孔隙度、泥质含量、粒度中值、渗透率及径向电阻率比值幅度等; 储集层含油性评价特征性参数,包括地层电阻增大率、含油饱和度、视地层水电阻率、深探测地层电阻率相对值、地层径向电阻率比值等。分别采用特征性参数对精细划分的储集层物性和含油气情况进行统计。利用其正态统计特征值,建立精细评价储集层的解释标准;利用准确率、分辨率自动组合放大,建立精细评价标准的权系数。然后,采用矩阵分析、标准化、标准指标绝对差的极值加权组合放大及综合归一,对储集层进行精细评价解释。评价处理一、二、三、四类储集层,经与相应井段试油、试采情况相对照,两者基本吻合。

4　参考文献

[1] 宋子齐,谭成仟.灰色理论油气储层评价[M].北京:石油工业出版社,1995.

[2] 宋子齐,谭成仟,吴少波,等.灰色系统与神经网络技术在水淹层测井评价中的应用[J]. 石油勘探与开发,1999,26(3):90~92.

[3] 曾文冲.油气储集层测井技术[M]. 北京:石油工业出版社,1991.

[4] 宋子齐,谭成仟.灰色系统理论精细评价的处理方法及应用[J]. 系统工程理论及实践,1997,17(3).

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Chen Yuanqian. Calculation Methods of Recoverable Reserves of Oilfields. XJPG, 2000, 21(2):130~137

Abstract Recoverable reserves and remaining reserves of oilfields are material basis of oilfield development and construction. So it is necessary to accurately forecast and determine them. Based on our experience in forecasting, calculating and calibrating recoverable reserves of oilfields, and requirements in "Standards of Oil and Gas Reserves" to be revised, this paper presents different methods for forecasting recoverable reserves and remaining reserves of oilfields following induction and sifting, which can be applied to different stages of oilfield development. These methods include analogical method, correlation method, displacement efficiency method, production decline method, water drive curve method and forecast model method.

Subject terms Oilfield, Recoverable reserve, Remaining reserve, Calculation method

Chen Yuanqian, Professor of Engineering, Reservoir Engineering, Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Beijing 100083

Zhang Renxiong, Mao Zhongyuan, Li Jianmin, Zhang Hong. Study on Relative Permeability Curves from Baolang Oilfield, Xinjiang. XJPG, 2000, 21(2):138~140

Abstract The percolation to oil in reservoir rock of Baolang oilfield couldn't start with till a relatively high pressure gradient was formed in it, in the case of existence of irreducible water only(no free water). It shows many shapes of relative permeability curves, in which the straight line is common. In general, these curves are characterized by high irreducible water saturation, low remaining oil saturation with high relative permeability and wider two-phase region. It is also shown that the effects of pore-throat combination patterns and injected water quality on the relative permeability curves are considerable.

Subject terms Yanqi, Relative permeability curve, Shape, Feature, Pore structure, Water quality, (Baolang oilfield)

Zhang Renxiong, Doctor, Reservoir Engineering, Chengdu Science and Technology Institute, Chengdu 610059

Wei Shangwu, Li Xudong, Li Hongcheng. Study on Modeling Recovery Mechanism of Hongnan Edge-Bottom Water Reservoir, Turpan-Hami Basin. XJPG, 2000, 21(2):141~143

Abstract By using numerical simulation method, the recovery mechanism and major geologic factors and fluid properties affecting production efficiency in Hongnan oilfield with edge-bottom water were simulated and estimated. The major geologic factors and fluid properties include sedimentary rhythm, K_v/K_h ratio, crude oil viscosity, oil/water mobility ratio and water-oil density difference. This study would provide basis for appropriate development of Hongnan oilfield and taking technical countermeasures. Also, it could be used for reference to similar oilfield development.

Subject terms Turpan basin, Hami Basin, Edge water, Bottom water reservoir, Bottom water corning, Mechanisms, Numerical simulation

Wei Shangwu, Engineer, Reservoir Engineering, Research Institute of Exploration and Development, Tuha Oilfield Company, CNPC, Hami, Xinjiang 830009

Song Ziqi, Tan Chengqian, Wu Shaobo, Gao Xingjun, Lei Qihong. Parameters and Standard for Evaluating Reservoir Rocks in Hainan Structural Belt, Liaohe Oilfield. XJPG, 2000, 21(2):144~147

Abstract By using theory of grey system, detailed evaluation of well log data from over 30 wells in Dongsanduan reservoir, Hainan structural belt in Liaohe oilfield was made and brought into practice. And from characteristic values of the statistical analysis, their accuracy and resolution factor, this paper provided a series of detailed evaluating parameters, criteria, weight coefficients and software systems for fair reservoir rocks (Class Ⅰ and Ⅱ) and poor ones (Class Ⅲ) in petrophysical property and petroliferous nature in this study area, including corresponding well log parameters and calculation and evaluation of Class Ⅰ to Ⅳ reservoirs and pay zones. Compared with well test data and geologic information from corresponding intervals, it is indicated that these evaluation and interpretation results have properly and reliably reflected the distributions and characters of main hydrocarbon strata, thus providing relevant geologic basis for further petroleum exploration and development in this structural belt.

Subject terms Liaohe oilfield, Reservoir, Evaluation, Feature, Parameter, Standard

Song Ziqi, Professor, Petroleum Geology, Xi'an Petroleum Institute, Xi'an 710065

Dong Guanghua, Bai Hexian, Wang Xiangdong, Wang Jianfeng. The Basic Definitions of Commercial Re-

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net