

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2021.02.015

英东油田长井段薄互层油藏储层产能 分类及预测研究

马凤春¹,陈晓冬¹,王琳¹,杨成²,梅华¹,唐丽¹,杨玥¹,王靖茹¹,周艳¹,
赵为永¹,杨红刚³,李兆亮¹,刘遥¹,王生香¹

(1. 青海油田勘探开发研究院,甘肃 敦煌 736202;2. 青海油田采油二厂,甘肃 敦煌 736202;
3. 青海油田钻井工艺研究院,甘肃 敦煌 736202)

摘要:针对柴达木盆地英东油田长井段油层层间非均质性强、产能差异大、产液能力不确定给低油价下效益开发带来的诸多问题,笔者尝试利用渗流系数、存储系数与含油饱和度作为 fisher 判别函数参数对研究区不同储层产能进行了定量评价研究。通过实际生产数据与理论函数对比,理论模型整体判别符合率达到 80% 以上,基本满足了油藏开发需要,为后续油藏的单层砂体投产治理、产能部署及储层预测动用提供了决策依据。

关键词:柴达木盆地;长井段;产能;非均质性;判别函数

中图分类号:TE327 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-6248(2021)02-0179-08

Study on the Productivity Classification and Prediction of Thin Interbedded Reservoir in the Changjing Section of Yingdong Oilfield, Qaidam Basin

MA Fengchun¹, CHEN Xiaodong¹, WANG Lin¹, YANG Cheng², MEI Hua¹, TANG Li¹,
YANG Yue¹, WANG Jingru¹, ZHOU Yan¹, ZHAO Weiyong¹, YANG Honggang³,
LI Zhaoliang¹, LIU Yao¹, WANG Shengxiang¹

(1. Research Institute of Exploration & Development of Qinghai Oilfield, Dunhuang 736202, Gansu, China;
2. No. 2 Oil Production Plant of Qinghai Oilfield, Dunhuang 736202, Gansu, China; 3. Drilling &
Production Technology Research Institute of Qinghai Oilfield, Dunhuang 736202, Gansu, China;)

Abstract: In the Changjing section of Yingdong Oilfield, Qaidam Basin, the heterogeneity in interlayers and the uncertain production capacity caused many problems under the circumstances of low price. The authors use seepage coefficient, storage coefficient and oil saturation as the fisher discriminant function to quantitatively evaluate the reservoir productivity. The conformity rate of the theoretical model is above 80%, compared to the actual production data and the theoretical functions, meeting the need of reservoir development. The research provides a basis for the comprehensive use of monolayer sand body, the deployment of the production capacity and the prediction and utilization of the reservoir.

收稿日期:2020-05-23;修回日期:2020-10-12

基金项目:中国石油天然气集团公司重大科技专项“柴达木盆地建设高原大油气田勘探开发关键技术研究与应用”(2016E-01)资助。

作者简介:马凤春(1983-),男,硕士,高级工程师,主要从事油气田开发工作。E-mail:mfcqh@petrochina.com.cn。

Keywords: Qaidam basin; Changjing section; capacity; heterogeneity; discriminant function

英东油田为柴达木盆地近几年发现的一个纵向叠置的断块油气藏,具有晚期复式成藏的特征(马达德等,2016)。随着注水开发的深入,油藏逐渐成为主力产油区。自开发以来,受纵向沉储层积类型多、变化快以及非均质强的影响,油井同一层段同流体性质的储层按照工区前期传统储层分类(表1)射孔后,呈现出单井及纵向小层产能差异较大、纵向动用不均衡的矛盾,不同类型储层投产符合率较低,影响开发效果。从油藏主力区块油井产液测试与储层类

型分布图看(图1),除IV类储层产能界限较为明显,其他3类储层之间的产能交叉区域较大,各类储层产能分布混乱,应该说当前的储层分类与小层产能对应性不是很理想,对当前低油价下的储层优选和动用指导意义较小,效益生产风险较高。因此,如何在新老井选层投产前对储层产能进行定量评价,降低纵向储层产液矛盾、提高层间储量动用和油井投产符合率,有必要开展对应储层的产能分析和预测。

表1 英东地区储层分类评价表

Tab.1 Evaluation table of reservoir classification in Yingdong area

类别	I类	II类	III类	IV类
沉积相	水下分流河道、滩坝	席状砂、河口坝	分流间湾、滩砂	滨浅湖泥
单层砂岩厚度(m)	>1.5	0.2~1.5	<0.2	
砂岩粒度	中-细砂	细砂	粉砂,细粉砂	极细粉砂,黏土矿物
孔隙度(%)	>20	17~20	12~17	<12
渗透率($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	>100	50~100	2~50	<2

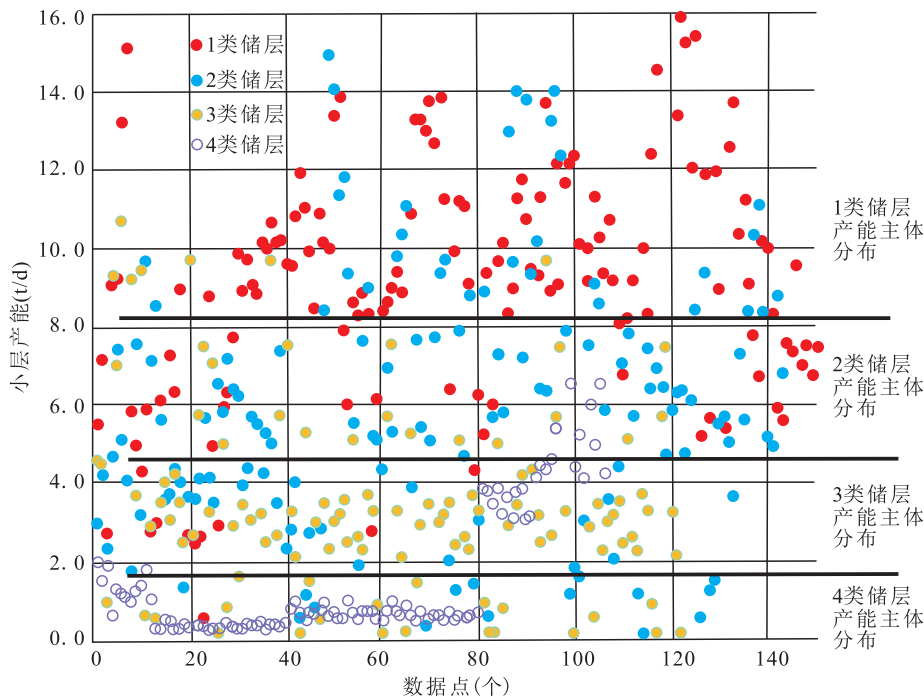


图1 不同类型储层产能分布图

Fig.1 Distribution of reservoir productivity of different types

目前,油气储层研究主要集中在储层静态分类评价较多(朱谨谨等,2019;魏笑笑等,2018;张瑞香

等,2020),主要产能评价还是通过试油、试采数据或油藏数值模拟等手段来解决,对于产能预测工作还

没有一套成熟的方法。欧阳健等人提出用岩石渗透率和含水饱和度来评价油气层的产能指数(欧阳健, 1994); Cheng 等人利用原状地层电阻率和冲洗带电阻率来对储层流体的流动能力进行表征, 从而来对储层的产能进行评价(Cheng M L, 1999); 毛志强则采用多个油气藏大量试油、测井解释以及岩心分析数据的研究, 根据渗流力学的基本原理, 分油气藏类型建立了利用测井资料预测产能的方法(毛志强等, 2000); 谭成仟等人则从平面径向流产量理论公式出发, 通过相对渗透率与含水饱和度复杂函数关系的分析以及阿尔奇公式, 建立了储层油气产能与储层渗透率、孔隙度和电阻率之间的统计关系, 采用神经网络技术对其产能进行预测(谭成仟等, 2004)。

而储层产能是油气储层动态特征的一个综合指标, 是油气储层生产潜力和各种影响因素之间在相互制约相互影响过程中的一种动态平衡。储层产能的影响因素很多, 概括起来有: ①储层的基本特性, 包括储层岩性、物性、含油性、电性、地层压力等。②储集空间中流体的性质, 主要包括原油的黏度、气油比、流体的类型。③外在因素主要包括钻井、井下作业对储层的污染情况、射孔的层段选择及其完善程

度、人工措施的选择和规模大小等。因此, 储层产能是这些因素共同作用的结果。为此, 笔者根据研究工区实际情况, 结合测井、试油、试采等动态数据, 利用相关判别函数法, 动静结合开展储层产能定量评价, 一定程度上可以提高长井段多油层油藏不同储层产能预测精度。

1 研究区地质概况

英东油田位于柴达木盆地西部南区英雄岭构造带东段, 地表沟壑纵横, 山高坡陡, 整体为一受断裂控制呈北西向展布的背斜构造, 发育了深浅两套构造, 构造复杂。油田发现至今已成为柴达木盆地原油生产主力油田之一。该油田钻探过程中共揭示出 N_2^2 (上油砂山组)、 N_2^1 (下油砂山组)、 N_1 (上干柴沟组) 3 套地层(朱瑞峰等, 2015), 主要含油气层为 N_2^2 、 N_2^1 上部 (K_3 — K_4), 其次 N_2^1 下部 (K_4 以下)。受盆地区域沉积构造等环境影响, 油藏平均含油井段在 1 500 m, 单层油层在 1.5~3.0 m, 储层多薄, 油气水层间互, 无统一明显油水界面, 属于典型的长井段薄互层非均质砂岩油藏(图 2)。

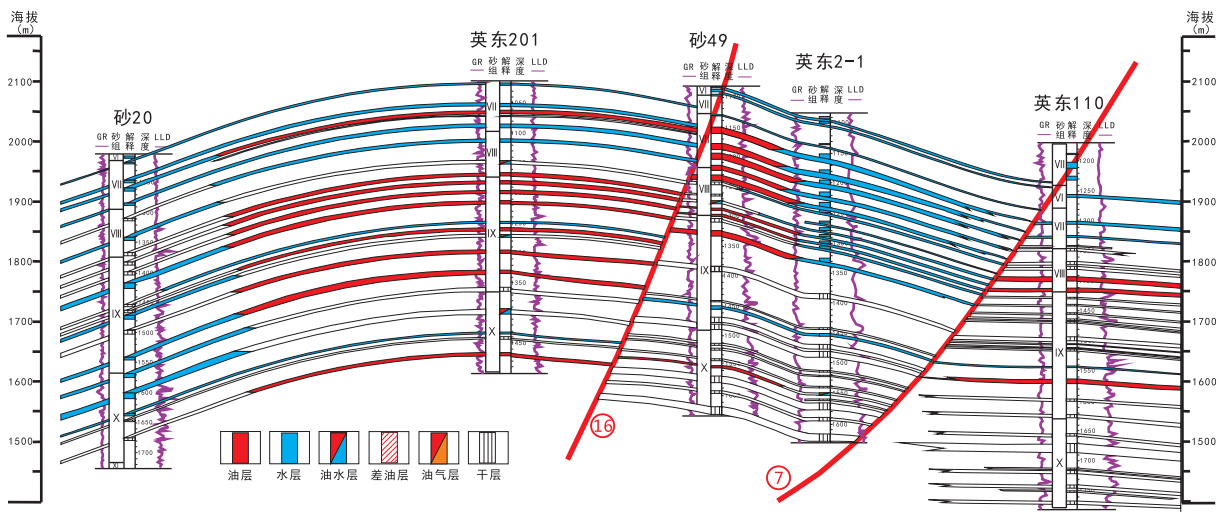


图2 英东油田纵向储层分布示意图

Fig. 2 Vertical reservoir distribution diagram of Yingdong oilfield

2 Fisher 判别方法与原理

判别分析是一种常用的统计分析方法, 是根据观察或测量到若干变量值, 判断研究对象属于哪一

类的方法。SPSS 对于分为 m 类的研究对象, 建立 m 个线性判别函数, 当对于每个个体进行判别时, 把测试的各个变量值代入判别函数, 得到判别分数, 从而确定个体属于哪一类。

(1) 如果从 G ($G > 2$) 个总体 a_1 、 a_2 、 \dots 、 a_G

中分别取出 n_1 、 n_2 、 \dots 、 n_G 个样品,并且每个样品有 m 个变量,那么样品构成的观测样本为:

$$X_{gk} = \begin{bmatrix} x_{gk}^{(1)} \\ x_{gk}^{(2)} \\ \vdots \\ x_{gk}^{(m)} \end{bmatrix} \quad (g=1,2,\dots,G; k=1,2,\dots,n_g) \quad (1)$$

式中: $x_{gk}^{(i)}$ 为总体 a_g ($g=1,2,\dots,G$) 中第 k ($k=1,2,\dots,n_g$) 个样品第 i ($i=1,2,\dots,m$) 个变量的观测值。

(2)如果把取出的 G 组样品视为 G 个总体,并记为:

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_G) \quad (2)$$

那么对于待判别的一个样品 X ($X \in A$) 来说,在对它所属的总体作出判定之前,它属于任何一个总体都是可能的,只是归属总体 a_g ($g=1,2,\dots,G$) 的概率不同。如果把 a_1, a_2, \dots, a_G 视为总体样本空间的一个划分,那么由 Bayes 公式可以求得样品 X 属于 a_g ($g=1,2,\dots,G$) 的条件(后验)概率:

$$P(a_g/X) = P(a_g)P(X/a_g) \left[\sum_{j=1}^G P(a_j)P(X/a_j) \right]^{-1} \\ = P_g f_g(X) \left[\sum_{j=1}^G P_j f_j(X) \right]^{-1} \quad (3)$$

上式中的 P_g 、 $f_g(X)$ 分别是总体 a_g 的先验概率和概率密度。

依据条件概率 $P(a_g/X)$ 的相对大小,则可对位置样品 X 的总体作出判断。若 $P(a_g/X)$ 是条件概率中的最大者,那么把未知样品 X 的总体判定为 a_k ,判错的概率就最小。在计算条件概率时,式(3)的分母是一个与 g 无关的常量 C ,若取式(3)的分子,记为:

$$E_g(X) = P_g f_g(X) \quad (g=1,2,\dots,G) \quad (4)$$

那么式(4)的函数值仅是条件概率 $P(a_g/X)$ 的 C 倍,因此按 $E_g(X)$ 函数值的相对大小判定未知样品 X 的总体与式(3)是等价的。式(4)是多总体判别的一般判别函数。

3 判别参数的选取

在油气田开采的过程中,产能一般利用平面径向流渗流模型来进行表述,但是由于公式中的流动

压力、生产半径及流体黏度等数据在测试之前无法确定,单靠测井资料仅可以得出其静态解释的有效厚度、渗透率、孔隙度等数据。然而该类参数存在单一化,单独的参数很难表征储层的产量贡献能力,预测产能仍然存在较大的风险。为了能有效客观地反应储层的产出,需要重新对基础地质参数进行组合,制定出能较好代表储层储集能力和流动能力的多因素参数,并通过该类参数对储层进行产能综合评价和预测。经过多参数的聚类试验选取,最终采用渗流系数、存储系数与含油饱和度作为判别函数中的参数。

存储系数是孔隙度与有效厚度以及岩石压缩系数的乘积,反映了储层中储集空间的大小,表明了储层对流体的储集能力。

$$C = \varphi \times C_t \times H_e$$

式中: C 为存数系数 (m/Mpa); φ 为岩石孔隙度 (%); C_t 为岩石压缩系数 (Mpa^{-1}); H_e 为有效厚度 (m)。

渗流系数为渗透率和有效厚度的乘积与流体黏度之比,反映了储层中流体渗流能力的大小,即可以产出多少流体。

$$S = K \times H_e / \mu$$

式中: S 为渗流系数, $10^{-3} \mu\text{m}^2 / (\text{Mpa} \cdot \text{s})$; K 为渗透率 ($10^{-3} \mu\text{m}^2$); H_e 为有效厚度 (m); μ 为流体黏度 ($\text{Mpa} \cdot \text{s}$)。

而含油饱和度则是反映储层中油气含量多少的一个重要参数。通过这 3 个参数的选择,可以综合反映出储层的产能。

4 产能判别及预测函数的建立

4.1 数据的选择

建立产能预测判别函数时,采用 14 口井的 14 个试采层段第一个月平均日产油的数据,利用储能系数(反映了储层含油气的富集程度,以储层有效厚度、孔隙度及含油气饱和度的乘积来表示,即 $H_e \times \varphi \times S_{og}$)将平均日产油劈分到试采层段的每个单砂体中,最终共获得 67 个单砂体日产油数据点。将这 67 个数据点按照日产油量的大小进行分类,分别分为 $<0.5 \text{ t}$ 、 $0.5 \sim 2 \text{ t}$ 、 $2 \sim 5 \text{ t}$ 以及 $>5 \text{ t}$ 四类。

4.2 分类判别函数的建立

将上述 67 个数据点分 4 类分别编为 4、3、2、1 号,

同时将存储系数、渗流系数与含油饱和度参数录入到 SPSS 软件中, 利用其中的判别分析模块, 最终确定了分流函数的系数(表 2)以及 4 个类别的散点图(图 3)。

表 2 分类函数系数表

Tab. 2 Classification function coefficient

参数	渗流分类			
	4	3	2	1
渗流系数	-0.000 146 2	-0.000 839 2	0.000 333 6	0.001 894
存储系数	0.055 5	0.080 17	0.097 02	0.153 2
含油饱和度	0.129 2	0.333 6	0.340 5	0.340 6
(常量)	-0.391 6	-13.46	-15.1	-20.99

个函数值大就可以判断该组数据属于哪一类别。

图 3 可以看出, 各类散点在平面图上的分布具有一定的区域性, 基本上样品点得以分开。表 3 中一类正判率达到 88.9%; 二类正判率达到 90%; 三类正判率为 80%; 四类的样品点数较少, 其正判率略低, 为 60%, 主要与三类重叠区域较大。表 4 为研究区各主力小层的储层产能分类判别统计表。从表 4 中可以看到, 模型与人工产能分类符合率达到了 80% 以上。

表 3 预测结果及正判率

Tab. 3 Prediction results and positive rate

渗流分类	预测组成员				合计
	4	3	1	1	
计数	24	2	1	0	27
3	0	18	2	0	20
2	0	3	12	0	15
1	0	0	2	3	5
正判率 (%)	88.9	7.4	3.7	0.0	100
3	0.0	90.0	10.0	0	100
2	0.0	20.0	80.0	0	100
1	0.0	0.0	40.0	60	100

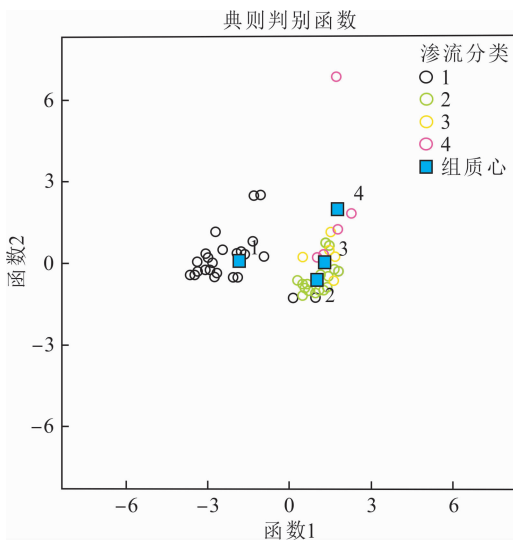


图 3 4 个类别的散点分布图

Fig. 3 Scatter distribution of the four categories

由表 2 分别得到 4 类 fisher 线性判别函数。

$$Y_4 = -0.000\ 146\ 2 \times S + 0.055\ 5 \times C + 0.129\ 2 \times S_{og} - 3.916$$

$$Y_3 = -0.000\ 839\ 2 \times S + 0.080\ 17 \times C + 0.333\ 6 \times S_{og} - 13.46$$

$$Y_2 = 0.000\ 333\ 6 \times S + 0.097\ 02 \times C + 0.340\ 5 \times S_{og} - 15.1$$

$$Y_1 = 0.001\ 894 \times S + 0.153\ 2 \times C + 0.340\ 6 \times S_{og} - 20.99$$

式中: Y_4 、 Y_3 、 Y_2 、 Y_1 分别代表着预测产油量 $< 0.5\ t$ 、 $0.5 \sim 2\ t$ 、 $2 \sim 5\ t$ 以及 $> 5\ t$ 的 4 类; S 为渗流系数; C 为存储系数; S_{og} 为含油气饱和度(%)。

将含有 3 个自变量的一组数据代入上述 4 个判别函数中, 得出 4 个函数值, 比较这 4 个函数值的大小, 哪

4.3 储层产能定量预测函数建立

通过实际与理论判别函数的建立和符合率统计, 认为当前基于存储系数、渗流系数与含油饱和度参数所建立的判别函数是与油藏实际生产特征相近的, 具有较好的定性指导意义。为进一步提高储层利用效果和现实的定量评价作用, 在储层判别函数建立的基础上, 以 4 类 fisher 判别函数值为因变量, 实际产能数据为次变量, 进行 4 类储层产能大小与正确判别函数数值的关系拟合。

从拟合曲线看, 工区储层产能与正确分类判别函数值关系曲线呈二次函数关系(图 4), 且函数相关系数达到 0.88, 说明判别函数数值与储层产能之间有较好的对应关系, 即可以间接通过该拟合曲线进行定量获得不同层段储层的产能大小。为进一步验证该函数的可靠性和准确性, 油藏在后期部分老井补孔治理中, 对 20 口井 65 个层进行了函数应用。通过实际产液资料测试和理论产能判别对比(图 5), 平均绝对误差为 0.35 t/d, 平均相对误差在 12% 以内, 符合率达到 80% 以上, 基本满足当前油藏效益治理的目标。

表4 判别模型储层产能类型预测与实际产能类型对比表

Tab. 4 The comparison table between the prediction model and the actual reservoir productivity type

井号	厚度(m)	测井数据计算参数			4类 fisher 判别函数值				初产1月的 日产油量 (t/d)	产能 人工 分类	Fisher 判别 分类	符合
		渗流系数	存储系数	含油饱和度 (%)	4类	3类	2类	1类				
英试2-2	3.9	2.145	34.281	0.01	-2.012 4	-10.710 2	-11.769 9	-15.730 7	0.000 2	4	4	√
英试2-2	1.1	4.257	13.53	0.45	-3.107 6	-12.228 8	-13.632 7	-18.755 9	0.002 7	4	4	√
英试4-3	1	83.4	22.23	21.98	0.145 4	-4.415 3	-5.431 2	-9.940 0	0.004 9	4	4	√
英试4-3	1.2	48.516	26.184	23.33	0.544 4	-3.618 7	-4.599 6	-8.940 5	0.006 2	4	4	√
英试2-3	2.1	1.428	15.603	1.54	-2.851 3	-11.696 6	-13.061 4	-18.072 4	0.008 8	4	4	√
英试2-2	6.5	12.155	78.78	0.25	0.486 8	-7.071 0	-7.367 6	-8.812 7	0.008 8	4	4	√
英试4-3	2.8	92.876	57.624	18.85	1.704 0	-2.629 9	-3.059 9	-5.565 8	0.011 0	4	4	√
英试2-3	1.8	3.726	17.028	2.73	-2.618 8	-11.187 3	-12.517 1	-17.444 4	0.017 0	4	4	√
英试4-2	2.3	2.139	25.921	5.61	-1.752 9	-9.512 2	-10.674 2	-15.104 1	0.023 7	4	4	√
英试2-3	5	12.6	46.05	1.8	-1.129 5	-9.178 3	-10.015 1	-13.298 2	0.030 3	4	4	√
英试4-2	2.9	2.349	29.203	6.83	-1.413 1	-8.842 3	-9.940 3	-14.185 4	0.032 5	4	4	√
英试14-1	1.2	37.704	24.3	66.19	5.978 9	10.537 5	9.807 9	5.348 5	0.065 1	4	4	√
英试14-1	1.3	46.787	27.365	60.32	5.389 3	8.817 3	8.109 5	3.835 9	0.066 8	4	3	×
英试2-2	2.5	47.95	37.5	5.71	-1.104 0	-8.589 0	-9.501 5	-13.209 4	0.095 4	4	4	√
英试2-3	3.9	9.555	36.699	7.18	-0.952 9	-8.130 6	-9.091 5	-12.904 1	0.096 2	4	4	√
英试2-3	2.2	5.258	23.738	12.19	-1.024 4	-7.494 8	-8.644 5	-13.191 5	0.105 7	4	4	√
英试2-2	1.4	3.374	19.656	12.45	-1.217 0	-7.733 7	-8.952 6	-13.731 8	0.109 0	4	4	√
英试14-1	2.1	256.872	50.757	64.5	7.196 9	11.910 8	11.872 4	9.241 2	0.132 4	4	3	×
英东105	3.1	1679.642	75.64	20.34	2.664 4	-2.020 1	-0.275 3	0.707 1	0.140 0	4	4	√
英试14-1	2.7	339.768	64.935	59.28	7.297 2	11.236 5	11.498 2	9.792 3	0.155 7	4	2	×
英试2-2	4.6	7.038	57.27	8.88	0.408 8	-5.912 2	-6.517 7	-9.178 4	0.226 6	4	4	√
英试4-2	3.1	270.568	68.448	22.01	2.687 0	-0.857 0	-0.874 5	-2.494 7	0.245 6	4	4	√
英试4-2	2.3	134.412	56.212	31.2	3.215 2	1.342 0	1.022 1	-1.497 0	0.285 9	4	4	√
英试4-2	5.5	565.455	122.1	15.19	4.740 4	0.921 6	2.107 0	3.960 4	0.302 3	4	4	√
英试2-2	4.6	8.142	57.73	16.13	1.370 8	-3.457 7	-4.004 1	-6.636 5	0.414 9	4	4	√
英试15-1	1.2	10.224	16.164	56.02	4.217 4	6.515 6	5.546 5	0.586 1	0.417 0	4	4	√
英试2-2	4.3	9.804	59.254	20.55	2.026 2	-1.862 4	-2.350 6	-4.894 4	0.542 5	4	4	√
英试2-3	1.5	104.955	29.55	60.36	5.507 2	8.957 0	8.354 5	4.294 5	0.651 3	3	3	√
英试2-3	2.2	39.314	38.258	53.83	5.156 4	7.531 8	6.954 0	3.280 1	0.752 0	3	3	√
英试2-3	1.9	106.951	35.834	66.41	6.637 3	11.477 4	11.024 9	7.321 6	0.868 9	3	3	√
英试1-2	1.3	125.151	27.417	64.56	5.928 5	10.170 2	9.584 4	5.436 5	1.022 4	3	3	√
英试8-1	1.8	382.158	40.518	65.47	6.735 6	11.308 4	11.251 1	8.240 2	1.050 0	3	3	√
英试1-2	1.4	146.454	30.38	62.38	5.808 2	9.662 6	9.136 7	5.188 2	1.094 7	3	3	√
英试15-1	2.1	151.641	37.653	63.5	6.355 8	10.615 0	10.225 4	6.693 7	1.101 1	3	3	√
英试1-2	1.4	189.084	32.242	59.9	5.584 9	8.948 8	8.487 1	4.709 5	1.115 6	3	3	√
英试8-1	1.7	710.277	39.1	72.13	7.469 4	13.141 2	13.490 7	10.912 9	1.116 3	3	2	×
英试15-1	1.9	70.281	36.385	69.75	7.104 8	12.666 6	12.203 4	8.474 1	1.168 7	3	3	√
英试1-2	1.2	200.976	29.616	68.85	6.593 7	11.714 0	11.283 8	7.378 1	1.177 8	3	3	√
英试1-2	1.3	152.997	29.497	71.01	6.873 2	12.465 3	11.991 7	8.004 7	1.209 9	3	3	√
英试1-4	1.1	64.108	26.466	61.14	5.442 8	9.004 3	8.307 3	4.010 3	1.301 3	3	3	√

续表 4

井号	厚度(m)	测井数据计算参数			4类 fisher 判别函数值				初产 1 月的 日产油量 (t/d)	产能 人工 分类	Fisher 判别 分类	符合
		渗流系数	存储系数	含油饱和度 (%)	4 类	3 类	2 类	1 类				
英试 15-1	1.9	1430.358	44.042	68.13	7.121 6	11.598 7	12.848 4	11.671 4	1.381 8	3	3	√
英试 1-4	1.3	180.609	30.264	58.29	5.268 3	8.260 2	7.744 2	3.842 1	1.418 7	3	3	√
英试 1-4	1.2	57.588	28.956	61.21	5.591 0	9.232 7	8.570 5	4.403 3	1.425 4	3	3	√
英试 8-1	2.7	899.694	65.826	61.93	7.607 2	11.722 1	12.673 7	11.891 9	1.613 6	3	3	√
英试 15-1	2.3	363.538	49.657	71.92	8.078 9	14.208 4	14.327 8	11.801 9	1.644 6	3	2	×
英试 9-1	1.3	19.409	19.513	60.19	4.940 7	8.167 5	7.294 3	2.536 9	1.902 1	3	3	√
英试 1-2	2.7	175.284	49.95	67.16	7.507 7	12.802 0	12.672 6	9.869 0	1.937 8	3	3	√
英试 15-1	3.3	264.198	73.227	63.66	8.334 3	13.425 9	13.768 8	12.411 4	2.146 7	2	2	√
英试 1-2	2.7	296.298	58.725	66.97	7.952 4	13.340 5	13.499 6	11.377 8	2.271 7	2	2	√
英试 1-4	2.1	365.127	49.938	63.1	6.954 7	11.287 3	11.352 3	8.843 9	2.534 2	2	2	√
英试 10-1	1.8	149.346	40.32	65.52	6.765 1	11.504 6	11.171 2	7.786 0	2.621 4	2	2	√
英试 1-4	1.6	985.968	46.88	70.45	7.643 8	12.973 1	13.765 4	12.054 7	2.656 1	2	2	√
砂 40	1.4	161.308	29.148	69.31	6.633 0	11.863 2	11.381 8	7.388 0	2.693 0	2	3	×
英试 1-4	1.9	69.179	48.697	70.07	7.829 6	13.761 3	13.506 5	10.467 2	2.744 2	2	3	×
英试 10-1	2.2	542.432	52.822	53.75	5.880 8	8.250 5	8.507 6	6.436 9	2.817 2	2	2	√
英试 10-1	1.8	706.716	45.63	65.85	7.021 0	11.572 6	11.9847	9.767 5	2.981 5	2	2	√
砂 37	3	608.4	72.18	62.33	8.054 1	12.609 4	13.329 2	12.449 9	3.633 2	2	2	√
英试 10-1	2.4	1379.448	63.744	65.59	7.894 3	12.373 5	13.878 0	13.728 2	4.148 7	2	2	√
英试 10-1	3.6	232.164	73.368	58.65	7.699 6	11.792 7	12.065 9	10.665 9	4.269 8	2	2	√
英试 10-1	3.9	124.644	77.142	61.42	8.282 6	13.109 6	13.339 4	11.983 9	4.701 4	2	2	√
英试 9-1	2.2	177.87	45.54	65.52	7.050 6	11.899 1	11.687 2	8.639 7	4.832 4	2	3	×
英试 9-1	2.1	836.892	48.51	64.02	6.925 3	11.083 8	11.684 4	9.832 0	5.029 7	2	2	√
砂 37	5.6	443.236	104.956	60.37	9.643 9	14.721 5	15.786 3	16.490 4	5.116 8	1	1	√
砂 40	2.7	279.693	54.297	71.94	8.351 2	14.657 5	14.756 8	12.360 8	5.206 9	1	2	×
砂 40	19	84.74	325.09	73.2	15.819 5	16.934 9	20.963 1	33.470 2	5.720 1	1	1	√
英试 9-1	3.2	1 830.816	78.08	71.85	9.432 8	15.232 4	17.551 0	18.911 5	9.085 8	1	1	√
英试 9-1	2.1	836.892	48.51	64.02	6.925 3	11.083 8	11.684 4	9.832 0	5.029 7	1	2	×

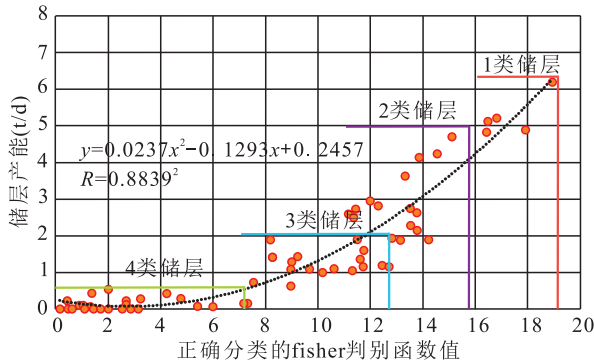


图 4 储层产能与正确分类判别函数值关系曲线图

Fig. 4 The relationship curve between reservoir productivity and the correct classification discriminant function

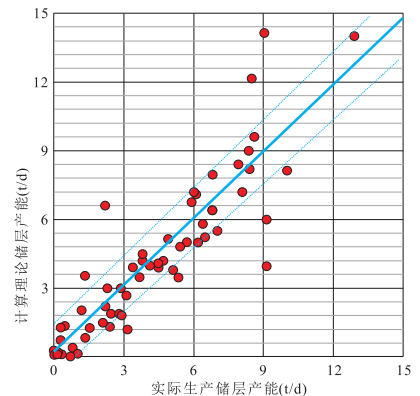


图 5 储层理论产能与实际产能关系图

Fig. 5 The relationship between theoretical productivity and actual productivity

5 结论

针对复杂断块长井段薄层油气藏的特点,通过遴选影响储层属性的关键因素,经过参数的聚类试验选取,采用渗流系数、存储系数与含油饱和度作为fisher判别函数中的参数,在一定程度上可以对储层产能定量评价,且模型正判率和产能定量评价符合率较高,基本能满足油藏储层射孔效益开发的要求,可以应用于其他开发井薄油气层的储层产能定量预测,为油藏有效综合治理开发提供依据和决策。

参考文献(References):

马达德,魏学斌,夏晓敏,等.柴达木盆地英东油田的发现及勘探开发关键技术[J].石油学报,2016,37(增刊1):11-21.

MA Dade, WEI Xuebin, XIA Xiaomin, et al. The discovery and key exploration and prospecting technology of Yingdong oilfield in Qai-dam Easin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2016,37(SI): 11-21.

朱瑾瑾,符超峰,杨海龙,等.鄂尔多斯盆地甘谷驿油区延长组长6储层综合评价[J].西北地质,2019,52(1):166-175.

ZHU Jinjin, FU Shaofeng, YANG Hailong, et al. Comprehensive Evaluation of Chang 6 Reservoir from Yanchang Formation in Ganguyi Oil Area, Ordos Basin [J]. Northwestern Geology, 2019,52(1): 166-175.

魏笑笑,刘建朝,刘晶晶.鄂尔多斯盆地史家畔地区长6₁油层沉积微相研究及其对开发的影响[J].西北地质,2018,51(42):255-262.

WEI Xiaoxiao, LIU Jianchao, LIU Jingjing. Study on Sedimentary Microfacies and Impact on Development of Chang 6₁ Reservoir in Shijiapan Area, Ordos Basin[J]. Northwestern Geology, 2018,51(42): 255-262.

张瑞香,杨悦,王延章,等.准噶尔盆地哈山构造南缘斜坡带侏罗系八道湾组一段储层特征及有利储层定量评价[J].西北地质,2020,53(2):253-262.

ZHANG Ruixiang, YANG Yue, WANG Yanzhang, et al. Reservoir Characteristics and Favorable Reservoir Quantitative Evaluation of the First Member of Badaowan Formation in the Southern Margin of the Hashan Tectonic Zone, Junggar Basin[J]. Northwestern Geology, 2020,53(2): 253-262.

欧阳健.石油测井解释与储层描述[M].北京:石油工业出版社,1994:148-152.

OU Yangjian. Log interpretation and reservoir description [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994: 148-152.

毛志强,李进福.油气层产能预测方法及模型[J].石油学报,2000,21(5):58-61.

MAO Zhiqiang, LI Jinfu. Method and models for productivity prediction of hydrocarbon reservoirs[J]. Acta Petrolei Sinica,2000,21(5):58-61.

谭成任,马娜蕊,苏超,等.储层油气产能的预测模型和方法[J].地球科学与环境学报,2004,26(2):42-45.

TAN Chengqian, MA Narui, SU Chao, et al. Model and method for oil and gas productivity prediction of reservoir[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2004, 26(2):42-45.

朱瑞峰,李继红,马士磊,等.柴达木盆地英东油田砂37区N₂₂储层岩石学特征[J].石油化工应用,2015,34(1):81-86.

ZHU Ruifeng, LI Jihong, MA Shilei, et al. Reservoir petrology characteristics of N₂₂ in Sha 37 block of Yingdong oilfield Qaidam basin [J]. Petrochemical Industry Application, 2015,34(1): 81-86.

Cheng M L. Productivity prediction from well logs in variable grain size reservoir cretaceous qishn formation, republic of yemen[J]. Log Analyst, 1999,40(1):24-34.