

引用格式:高丽华,夏迪,韩作振,等. 临南洼陷北部沙三中亚段砂质碎屑流储层定量分类评价[J]. 山东科技大学学报(自然科学版),2018,37(1):71-81.

GAO Lihua, XIA Di, HAN Zuozhen, et al. Reservoir quantitative classification and evaluation of sand debris flow in middle-Es3 of north of Linnan subsag[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology(Natural Science), 2018, 37(1): 71-81.

临南洼陷北部沙三中亚段砂质碎屑流储层定量分类评价

高丽华^{1,2}, 夏迪³, 韩作振^{1,2}, 韩梅^{1,2}, 李昊^{1,2}

(1. 山东科技大学 山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室, 山东 青岛 266590;
2. 山东科技大学 地球科学与工程学院, 山东 青岛 266590; 3. 青岛瑞源工程集团, 山东 青岛 266555)

摘要: 临南洼陷北部沙三中亚段发育一套砂质碎屑流扇体, 取得了较好油气勘探成果, 但该区取心井及实验分析资料较少, 困扰着该区储层的定量分类评价。首先利用普通薄片及铸体薄片鉴定、物性和压汞测试, 确定该套砂质碎屑流储层物性特征并将研究区储层分为 I、II、III 三类; 再以岩心物性数据作为储层分类标准, 建立使用测井数据作为参数的储层贝叶斯判别函数; 最后采用判别函数对研究区各井测井曲线进行储层判别分析, 所得储层平面分布特征与沉积相展布特征相符。因此, 采用贝叶斯判别函数进行储层判别分析与勘探实践吻合, 可用于对研究区储层进行评价。

关键词: 砂质碎屑流; 储层分类; 贝叶斯判别; 储层评价

中图分类号: TE19

文献标志码: A

文章编号: 1672-3767(2018)01-0071-11

DOI: 10.16452/j.cnki.sdkjzk.2018.01.007

Reservoir Quantitative Classification and Evaluation of Sand Dibris Flow in Middle-Es3 of North of Linnan Subsg

GAO Lihua^{1,2}, XIA Di³, HAN Zuozhen^{1,2}, HAN Mei^{1,2}, LI Hao^{1,2}

(1. Key Laboratory of Depositional Mineralization and Sedimentary of Shandong Province, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China;

2. College of Earth Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China;

3. Qingdao Ruiyuan Engineering Group, Qingdao, Shandong 266555, China)

Abstract: Although good results have been obtained in exploring the sandy debris-flow deposit in Middle-Es3 of north of Linnan Subsg, the reservoir quantitative classification and evaluation are still a problem due to few data of coring and experimental analysis. The identification with rock slice and casting lamella, and the measurement of porosity and permeability and mercury injection confirmed the physical properties of the sandy debris-flow reservoir which was divided into Type I, Type II and Type III. Based on core physical property data, the Bayesian discriminant was established with log data as parameters. The discrimination function was used to analyze each well logging

收稿日期: 2017-06-01

基金项目: 国家自然科学基金项目(41372134); 山东省重大科技创新工程项目(2017CXGC1602, 2017CXGC1603); 山东科技大学科研创新团队支持计划资助项目(2015TDJH101)

作者简介: 高丽华(1971—), 女, 山东蓬莱人, 讲师, 博士, 主要从事油气储层方面的研究. E-mail: glhxx@163.com

韩作振(1965—), 男, 河南新乡人, 教授, 博士生导师, 主要从事油气沉积与成藏方面的研究工作, 本文通信作者.

E-mail: hanzz@163.com

curve in the study area. The results indicate that the reservoir distribution characteristics are corresponding to the sedimentary facies distribution characteristics, which is in a close agreement with the exploratory practice. As a result, the reservoir discrimination analysis with Bayesian discriminant function is consistent with the exploration practice, and can be used to evaluate the reservoir in the study area.

Key words: sand debris flow; reservoir classification; Bayesian discriminant; reservoir evaluation

惠民凹陷临南洼陷北部沙三中亚段发育一套重力流沉积^[1]。以往研究认为该套砂体埋藏深、物性差、产能较低,一直未进行系统研究^[2-3]。近几年,L7-X40块、T26-X3块沙三中亚段相继发现该套深水沉积油藏,取得了较好勘探效果,具有广阔的滚动勘探开发前景^[4]。但储层横向连续性差、纵向变化快,储层展布范围不清、岩心及实验分析资料少等问题困扰该区勘探开发工作。

贝叶斯判别根据最小风险代价判决或最大似然比判决,是依据贝叶斯准则进行判别分析的多元统计分析方法。贝叶斯判别广泛应用于各个领域,在储层评价方面具有重要应用,尤其对于非均质性强、连续性差、实验分析资料少的储层具有更好的应用效果。如付殿敬等^[5]采用贝叶斯判别分析法,依据取心井资料建立储层分类评价判别函数,对非取心井目的层进行储层分类评价,取得良好效果。马立文等^[6]、唐俊等^[7]分别对冀东老爷庙油田和鄂尔多斯盆地,采用Q型聚类分析法进行储层分类,选择判别分析的最优化参数,得到贝叶斯判别函数,在储层定量化描述基础上,利用判别函数对研究区各井进行储层评价,获得了较好的效果。Avseth等^[8]使用贝叶斯判别分析法研究不同岩性岩石的孔隙流体空间分布规律,得到了不同岩石的孔隙流体的空间概率分布图,并将这种方法成功运用于北海浊积岩系统。但对于临南洼陷北部沙三中亚段发育的该套砂质碎屑流扇体,缺少储层展布规律的研究,更未见利用贝叶斯判别进行定量分类与预测。

本文充分利用研究区测井资料丰富的特点,结合该区储层分布特点、控制因素,充分利用测井曲线资料,以SPSS软件为平台,采用贝叶斯判别法分析典型井测井数据,对各井区储层进行分类评价,在此基础上对储层有利区进行预测。

1 地质背景

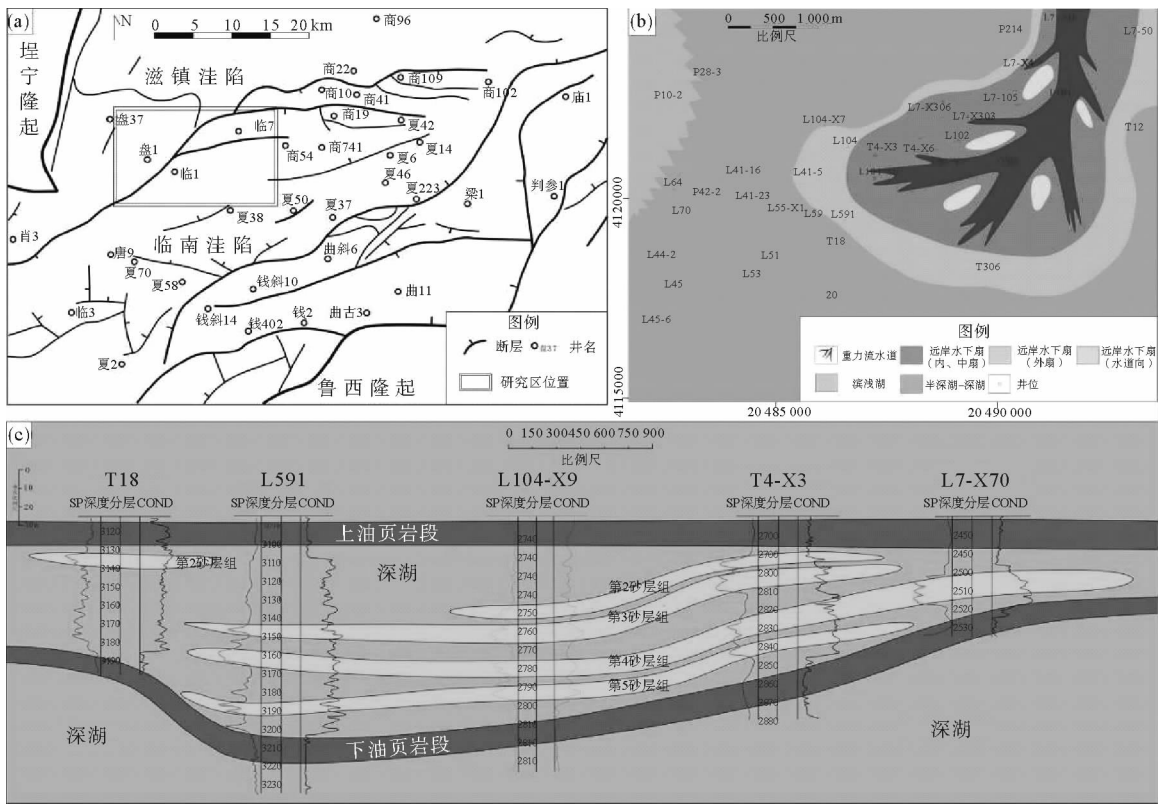
研究区位于惠民凹陷临南洼陷北部(图1(a)),中央隆起带中部,北部与滋镇洼陷相邻,南与临南洼陷相接,受临邑断层东部分支控制,为一个向北逐级抬升的大型断阶带(图1)。该区发育的新生代地层:古近系自下而上为沙河街组、东营组,沙河街组厚度大,分为沙一段、沙二段、沙三段和沙四段;新近系包括馆陶组、明化镇组,新近系和古近系之间角度不整合接触。

沙三中亚段发育一套砂质碎屑流沉积扇体(图1(b)),该套砂质碎屑流位于上下油页岩之间,最厚达120 m,平均30 m(图1(c))^[1],岩性主要以粒度较细的粉砂岩(部分砂岩见油浸、油斑及油迹现象)、块状砂岩、泥岩、灰质泥岩和油页岩居多。

2 砂质碎屑流沉积特征

砂质碎屑流是一种以砂质为主,可混杂砾石(陆源砾石、泥砾)和泥质的非黏结性碎屑流,流变学属于塑性流,运动状态为层流,以整体冻结的方式发生沉积^[1]。泥质碎屑流以泥质沉积为主,可混杂少量砂质颗粒和砂质团块,黏结性强。该流体是在一定的触发机制下,由自身重力驱动沿斜坡向下运动,最后由于惯性力和重力消失而沉积在斜坡下部和湖盆的平坦部位^[1]。撕裂屑一般指混杂于砂岩中的泥质变形团块或条带,其成因可以是在上覆不均匀压力作用下向上挤入砂质层中的泥质沉积物,也可能是由于风暴流或重力流搅动或侵蚀下伏未固结或半固结泥质沉积物而成,还可成由于滑塌变形造成的岩性混杂^[1]。

研究区沙三中亚段具有典型砂质碎屑流的沉积构造特征:砂岩多为粉砂岩和细砂岩(图2),粒度较细;粒度概率累积曲线主要呈三段式,以跳跃和悬浮总体为主,悬浮总体由两个组段组成,两组段斜率不同,说明砂质碎屑流分选性极差,具有“冻结式”沉积的特征。块状砂岩中漂浮有不规则状泥质撕裂屑和泥质团块(图2(a)、2(b)、2(d)、2(e))、块状泥质粉砂岩中漂浮有粉砂岩团块(图2(h)),发育大段块状构造(图2(a)、



(a) 研究区位置及区域构造; (b) 砂质碎屑流沉积相展布; (c) 砂质碎屑流南北向连井剖面

图 1 研究区地质概图^[1]

Fig. 1 The geological map of study area map

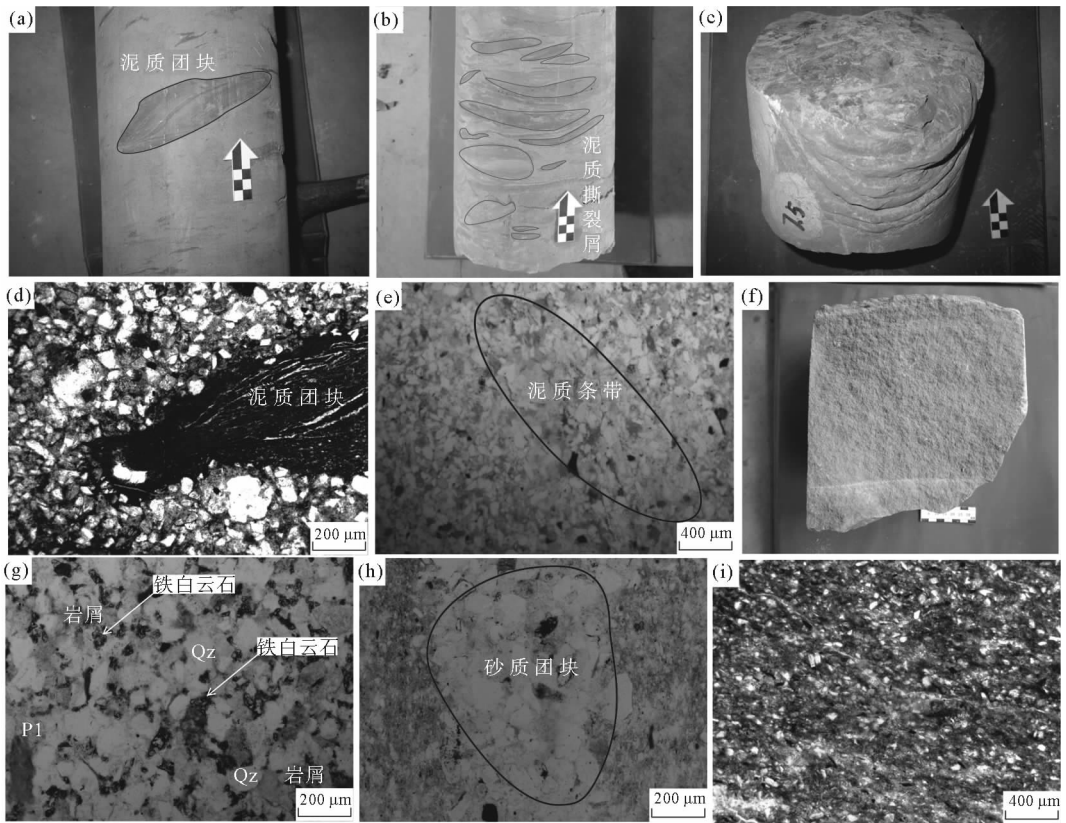
2(b)、2(f))和滑塌变形构造(图 2(c));未见浊积岩中常见的包卷层理以及递变层理,具有典型的砂质碎屑流特征(图 2)。研究区沙中亚段发育多层砂体,砂体之间夹有大量富含石英碎屑颗粒的粉砂质泥岩(图 2(i))。因此,结合其岩石类型、沉积构造、地质背景、粒度特征、测井曲线以及地震剖面等特征,认为其为远岸水下扇沉积,主要发育中扇及外扇亚相,内扇不发育,其中中扇亚相进一步划分为水下主水道、水下分流水道、水道间泥、水道侧缘以及无水道区浊积席状砂 5 种微相^[1]。

3 储层定量分类评价

通过取心井岩石薄片分析,砂岩的成分特征为:石英含量 44%~50%,长石含量 35%~40%,岩屑 11%~21%,钙质胶结为主,胶结物以方解石、铁白云石居多(图 2(g))。碎屑颗粒磨圆度较差,棱角到次棱角状不等,分选中等到差,分选系数 1.399~4.190。砂岩粒度较细,C 值 0.122~0.678 mm,中值 0.019~0.761 mm 左右。L7-X301 井 67 个岩心物性及 12 个压汞资料表明,储层孔隙度 11.2%~22.7%,平均 19.2%;渗透率 0.066~29.6×10⁻³ μm²,平均 9.2×10⁻³ μm²;喉道半径中等 0.27~1.31 μm,平均 0.94 μm;排驱压力及中值压力中等,分别为 0.16~0.99 MPa 和 0.75~5.03 MPa。因此,该套砂质碎屑流储层为中孔、低渗储层(图 3)。

根据赵靖舟等^[9]提出的低渗透储层分类标准,结合临盘油田碎屑岩储层评价标准,将研究区储层分为 I、II、III 三类(表 1),其主要特征为:

I 类储层:物性好,孔隙度 >15%,渗透率 >5×10⁻³ μm²,排驱压力低于 0.2 MPa,中值压力 <1 MPa,最大孔喉半径 >3 μm,中值半径 >0.5 μm,平均孔喉半径 >1 μm。主要是块状砂岩,也有少量细砂岩,储层砂岩经压实、胶结和溶蚀作用可见粒间孔隙、铸模孔和各种溶蚀孔(图 3(c))。



(a) 砂岩中扭曲变形的泥质团块(L7-X301井、2 662.3 m);(b) 块状砂岩中漂浮泥质撕裂屑(L7-X301井、2 664.4 m);
 (c) 滑塌变形构造(L7-X301井、2 668.7 m);(d) 岩石薄片下见砂岩中泥质团块(L7-X301井、2 663.4 m,铸体,单偏光);
 (e) 岩石薄片下见泥质条带(L7-X301井、2 662.8 m,铸体,单偏光);(f) 砂岩块状构造,沙三中中段(L7-X301井、2 671.5 m);
 (g) 岩石薄片下见砂岩磨圆、分选较差,铁白云石胶结(L7-X301井、2 671.5 m,单偏光);
 (h) 岩石薄片下见混有砂质团块的泥岩(L7-X301井、2 669 m单偏光);
 (i) 岩石薄片下见泥岩含有大量石英碎屑颗粒(L7-X301井、2 676.7 m单偏光);

图 2 研究区沙三中中段砂质碎屑流岩石学特征

Fig. 2 Petrological characteristics of sandy debris flow in Middle-Es3 of study area

表 1 研究区储层分类评价标准^[10]

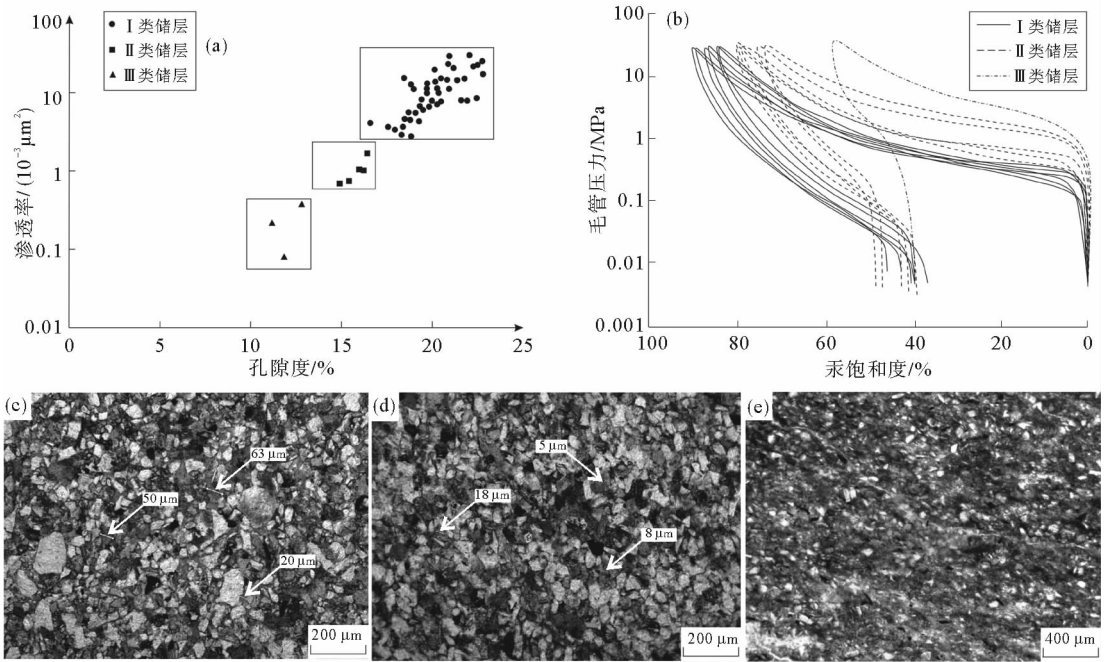
Tab.1 The classification of reservoir

	I类储层	II类储层	III类储层
孔隙度/%	>15	12~15	<12
渗透率/(10 ⁻³ μm ²)	>5	1~5	<1
排驱压力/MPa	<0.2	0.2~0.35	>0.35
中值压力/MPa	<1	1~2.5	>2.5
最大孔喉半径/μm	>3	1~3	<1
中值半径/μm	>0.5	0.3~0.5	<0.3
平均孔喉半径/μm	>1	0.5~1	<0.5
孔喉组合	中孔中细喉	小孔细喉	细孔微细喉
评价	好	中等	差

II类储层:物性中等,孔隙度 12%~15%,渗透率>1~5×10⁻³μm²,排驱压力 0.2~0.35 MPa,中值压力 1~2.5 MPa,最大孔喉半径 1~3 μm,中值半径 0.3~0.5 μm,平均孔喉半径 0.5~1 μm。主要是含泥砾粉砂岩和杂砂岩,储集岩经压实、胶结和溶蚀作用,可见粒间孔隙和溶蚀孔,相对于 I类储层,其粒间孔隙由于

泥质碎屑的填充而减少(图 3(d))。

Ⅲ类储层: 物性差, 孔隙度 < 12%, 渗透率 < $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 排驱压力 > 0.35 MPa, 中值压力 > 2.5 MPa, 最大孔喉半径 > 3 μm , 中值半径 > 0.5 μm , 平均孔喉半径 > 1 μm 。主要是泥岩, 孔隙少、孔径小(图 3(e))。



(a) 研究区不同类型储层的孔隙度与渗透率交会图; (b) 研究区不同类型储层的毛细管压力曲线特征; (c) I类储层铸体薄片镜下特征(L7-X301井、2 672.1 m, 单偏光); (d) II类储层铸体薄片镜下特征(L7-X301井、2 664.2 m, 单偏光); (e) III类储层铸体薄片镜下特征(L7-X301井、2 668.5 m, 单偏光);

图 3 L7-X301 井储层特征

Fig. 3 Reservoir characteristics of L7-X301 well

4 贝叶斯判别分析

为节省成本, 当前油气田勘探开发多采用减少取心、增加测井的方法, 因此常规的利用储层物性等实验分析资料进行储层定量评价已经跟不上当前油气田勘探的形势。贝叶斯判别分析法, 能以关键井的分析测试数据为基础, 利用大量存在的测井数据提出相应储层的贝叶斯判别函数, 进行储层分类评价。该方法适用广泛, 特别是在一些取心资料少的地区, 能充分利用测井资料进行储层定量评价。

临南洼陷北部沙三中亚段砂质碎屑流储层, 非均质性强, 钻井取心资料少, 但测井资料丰富, 常规储层评价方法无法取得理想效果, 因此, 通过测井曲线的贝叶斯判别分析法开展储层评价。

4.1 岩心深度归位

岩心资料是进行贝叶斯判别的基础资料, 选取有岩心分析化验资料井的测井数据作为制作贝叶斯判别函数的标准模板。研究区 L7-X301 取心井层序完整具有代表性, 以该井测井曲线为标准, 进行岩心深度归位校正^[10], 使各测井曲线达到深度一致(图 4); 然后利用岩心岩性与测井曲线进行对比, 计算深度误差, 将岩心深度校正到测井深度, 经观察认为岩心深度上移 1.1 m 匹配度较好。

4.2 建立贝叶斯判别函数

根据前文将砂质碎屑流储层分为 I、II、III 三类(图 5), 分别建立贝叶斯判别函数, 实现储层分类评判由取心数据向测井数据的转变^[7]。选取反映储层物性的声波时差(AC)、反映泥质参数的自然电位(SP)、自然伽马(GR)和反映渗透性的 |RNML-RLML| 作为参数^[11-12], 利用 SPSS 软件建立贝叶斯判别函数。

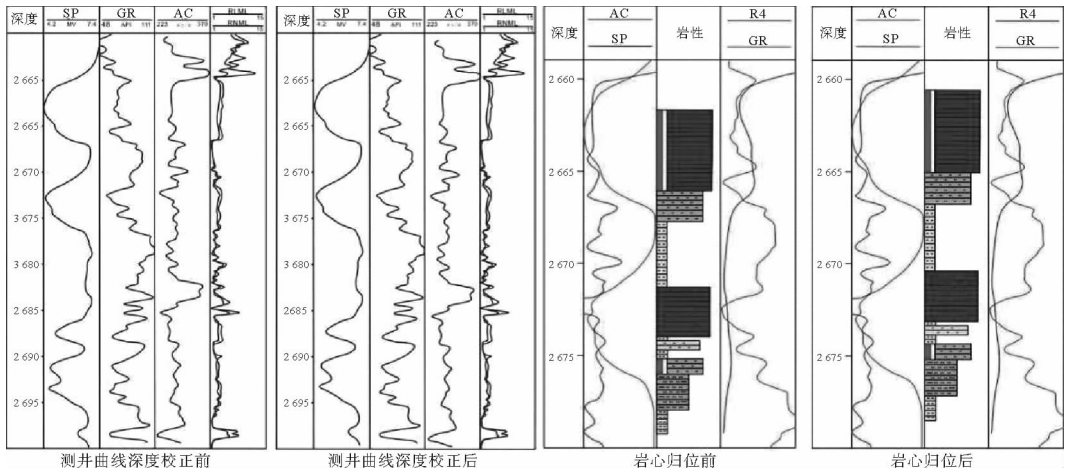


图 4 L7-X301 井岩心归位效果对比图

Fig. 4 Core location renderings comparison of Well L7-X301

将制作好的模板数据输入到 SPSS 中生成贝叶斯判别函数以及特征判别参数式((1)~(4)),由判别函数的组内平方和与总平方和之比(Wilks' Lambda)(表 2)可以看出, Sig 均小于 0.01,表明不同判别函数间差异性显著。储层分类结果显示(表 3)判别函数对初始分组案例中的 96.9%进行了正确分类、对交叉验证分组案例中的 96.3%进行了正确分类,表明建立的判别函数和评价指标符合精度要求。贝叶斯判别函数为:

$$\text{I 类储层: } Y1 = 0.738AC + 61.181SP + 0.681GR - 1.665 |RNML - RLML| - 263.076; \quad (1)$$

$$\text{II 类储层: } Y2 = 0.846AC + 78.727SP + 0.682GR - 2.052 |RNML - RLML| - 386.368; \quad (2)$$

$$\text{III 类储层: } Y3 = 0.799AC + 87.101SP + 0.987GR - 0.596 |RNML - RLML| - 453.126; \quad (3)$$

$$\text{油页岩: } Y4 = 0.819AC + 101.926SP - 0.029GR - 0.565 |RNML - RLML| - 487.61. \quad (4)$$

表 2 组内平方和与总平方和之比(Wilks 的 Lambda)

Tab. 2 The ration of sum of squares within classes to total sum of squares(Wilks' Lambda)

函数检验	Wilks 的 Lambda	卡方	df	Sig.
Y1 到 Y3	0.006	953.014	12	<0.001
Y2 到 Y3	0.140	365.352	6	<0.001
Y3	0.842	32.088	2	<0.001

4.3 测井曲线标准化

由于油田不同井测井时采用的仪器、标准刻度以及操作方式等不同,在应用测井数据时,须进行标准化处理,使所有同类曲线具有统一刻度^[10]。测井曲线标准化方法包括:直方图法、频率交会图法、均值-方差法等^[13-16],直方图法能充分利用标准井段内所有数据,校正准确度高,因此采用该方法对 AC、SP、GR 和 |RNML-RLML| 进行标准化,主要步骤:

1) 选取标准井和标准层:研究区 L7-X301 井连续取心且沙三中亚段发育完整,可作为标准井;上油页岩全区稳定分布、厚度适中、测井曲线特点相似,可选作标准层。

2) 绘制直方图:提取标准井和其他各单井的标准层数据,运用高斯正态分布函数对各测井数据频率分布直方图进行拟合(图 6),获得标准井和各单井测井曲线的峰值读数(表 4)。

3) 获取单井曲线校正:校正值 = 标准井峰值 - 单井峰值(表 4),标准化测井数据 = 单井测井曲线数据 + 校正值。

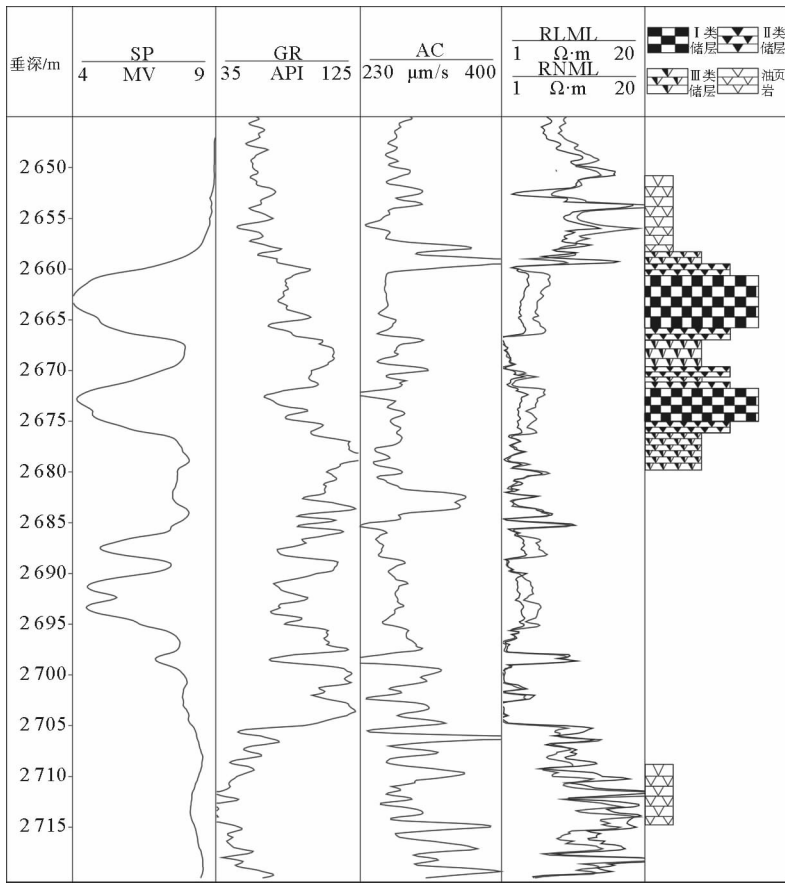


图 5 L7-X301 井储层类性

Fig. 5 Reservoir properties of L7-X301 well

表 3 储层分类结果^{b,c}

Tab. 3 Reservoir classification results^{b,c}

分类类别	预测组成员				合计	
	1	2	3	4		
初始	计数	1	71	1	0	72
		2	1	17	3	21
		3	0	1	38	39
		4	0	0	0	59
	%	1	98.6	1.4	0	100
		2	4.8	81	14.3	100
		3	0	2.6	97.4	100
		4	0	0	0	100
正确分类	98.6	81	97.4	100	96.9 ^b	
交叉验证 ^a	计数	1	70	2	0	72
		2	1	17	3	21
		3	0	1	38	39
		4	0	0	0	59
	%	1	97.2	2.8	0	100
		2	4.8	81	14.3	100
		3	0	2.6	97.4	100
		4	0	0	0	100
正确分类	97.2	81	97.4	100	96.3 ^c	

注:a. 仅对分析中的案例进行交叉验证。在交叉验证中,每个案例都是按照从该案例以外的所有其他案例派生的函数来分类的;b. 已对初始分组案例中的 96.9%个进行了正确分类;c. 已对交叉验证分组案例中的 96.3%个进行了正确分类

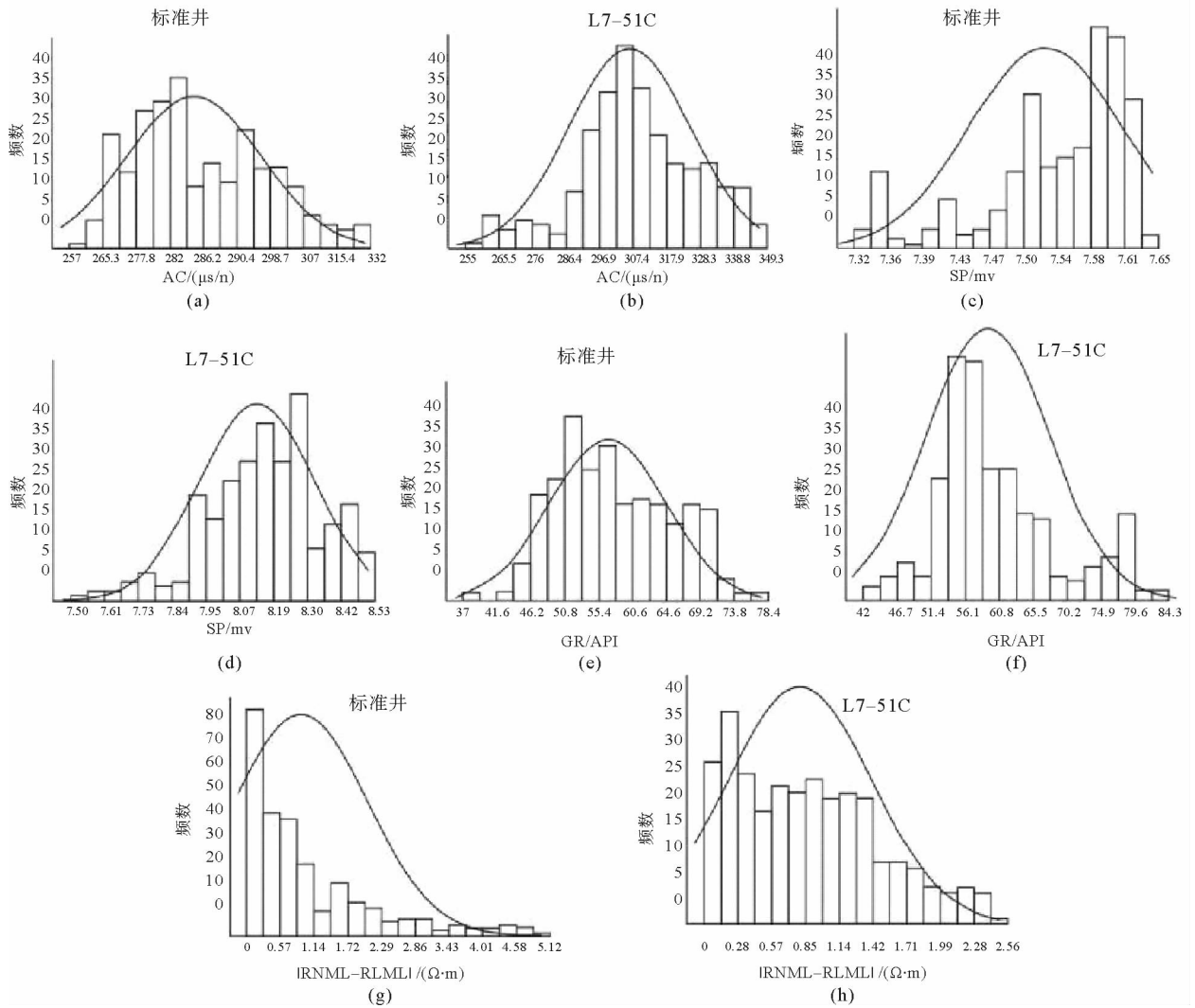


图 6 标准井和 L7-51C 井的标准层的 AC、SP、GR 和 |RNML-RLML| 频率直方图

Fig. 6 The AC, SP, GR and |RNML-RLML| frequency histograms of the standard layers of the standard well and the L7-51C well

表 4 L7-51C 井标准化校正值

Tab. 4 The correction value of normalization of logging data of L7-51C well

	AC	SP	GR	RNML-RLML
标准井峰值	285.15	7.52	56.55	0.87
L7-51C 井峰值	302.85	8.14	66.65	0.76
L7-51C 井校正值	-17.70	-0.62	-10.10	0.11

4.4 贝叶斯判别分析

运用贝叶斯判别函数对标准化后的测井曲线进行贝叶斯判别分析,实现储层分类评判由取心井向非取心井的转变^[2]。选取典型井沙三中亚段砂质碎屑流储层的测井数据,将其标准化后代入贝叶斯判别函数中,比较各判别函数值大小,判断样品归为所求函数值最大的那一类。

对标准化的测井数据进行判别分析,实现储层分类判别,以 L7-51C 井为例,统计判别结果,共识别出 I 类储层 40.8 m, II 类储层 9.5 m, III 类储层 16.4 m(图 7)。

依上述方法对研究区目的层标准化后的测井数据进行判别分析,并统计结果(表 5)。全区共识别出 I 类储层 3.4~47.6 m、平均 14.7 m, II 类储层 0.8~27.6 m、平均 10.9 m, III 类储层 4.6~68.4 m、平均 32.5 m。

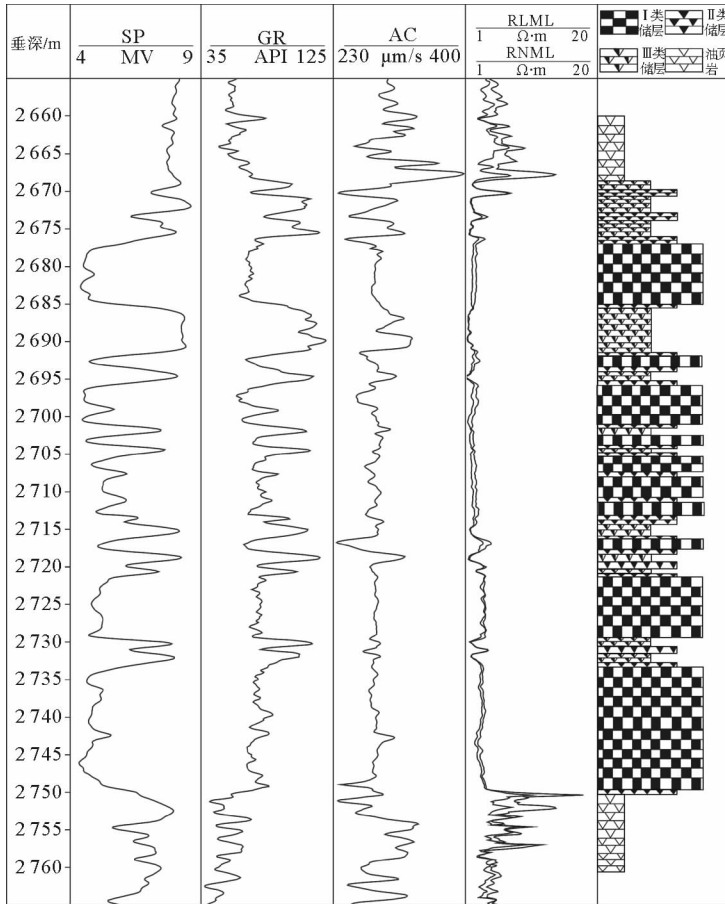


图 7 L7-51C 井储层分类识别结果

Fig. 7 Results of reservoir classification and recognition in L7-51C well

表 5 研究区沙中亚段储层厚度

Tab. 5 Reservoir thickness in study area in Middle-Es3 of study area

井名	I 类储层/m	II 类储层/m	III 类储层/m	井名	I 类储层/m	II 类储层/m	III 类储层/m
L104-1	8.8	21.5	41.2	L7-X301	15.6	7.6	21.6
L104-2	6.3	14.9	35.8	L7-X302	4.6	3.1	17.3
L104-9	18.8	24.6	49.3	L7-X305	12.6	0.8	4.6
L104-X14	12.0	11.6	68.4	L7-X306	11.2	4.1	7.7
L107	43.3	20.1	39.2	L7-X40	8.4	3.2	19.3
L55-X1	5.1	20.6	60.3	L7-X404	12.6	8.4	28.0
L55-X2	3.4	13.4	45.0	L7-X43	17.4	8.2	33.4
L7-10	10.2	7.6	27.2	L7-X6	12.3	8.4	30.3
L71-5	3.4	4.7	7.7	L7-X70	14.6	1.4	8.0
L7-3	13.3	7.6	25.1	T261	47.6	20.4	54.0
L7-307	7.8	6.7	19.5	T26-X1	34.2	20.1	63.7
L7-408	9.9	4.3	19.6	T26-X4	29.6	27.6	52.8
L7-42C	7.4	4.7	24.4	T26-X6	13.0	16.3	56.2
L7-51C	40.8	9.5	16.4	T4-X6	23.4	21.4	55.2
L7-X2	6.4	2.7	17.9				

5 储层评价结果及有利区预测

对比 L7-51C 井、L7-X70 井和 L7-X305 井的贝叶斯判别和综合解释结果(图 7、图 8)发现:识别的 I 类储层与综合解释结果中的储集层吻合度高达 80% 以上,这说明判别分析结果有较高的准确度, I 类储层能够代表实际储层。

根据贝叶斯判别结果绘制研究区沙三中亚段砂质碎屑流 I 类储层厚度图(图 9),由图 9 可以看出:研究区东北部的 L7-51C 井区与中部的 L107 井区、南部的 T261 井区 I 类储层厚度大于 30 m,勘探开发潜力大;中部的 L7-X301 井区 I 类储层厚 10~30 m,勘探开发潜力中等;南部、西南部的 L104-X9、T4-X6 井区 I 类储层厚度小于 10 m,勘探开发潜力差。

另外,利用贝叶斯判别结果绘制的储层平面展布图与该套砂质碎屑流沉积相的分布特征吻合,有利储层主要分布于重力流水道微相区,中等储层主要分布于远岸水下扇中扇亚相区,差储层主要分布于远岸水下扇外扇及深湖相区。说明该套砂质碎屑流的有利储层分布明显受控于沉积微相的分布特征,下一步勘探开发的重点区域应为重力流水道砂体,与实际生产实践结果吻合。

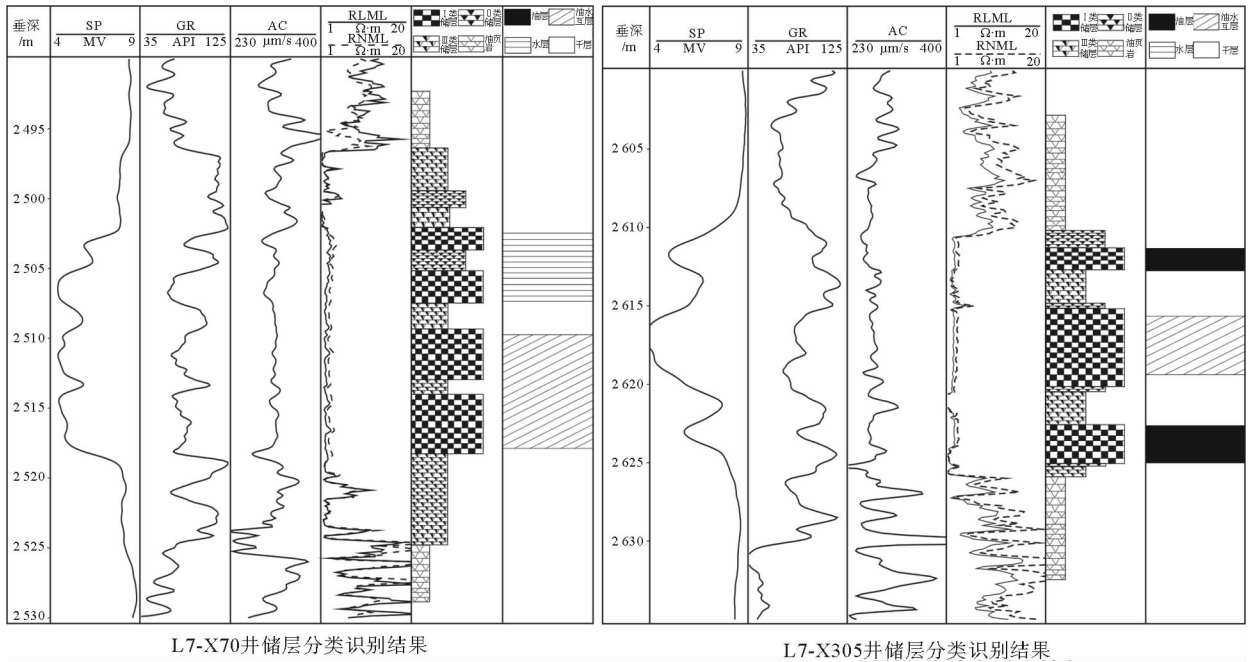


图 8 研究区部分井沙三中亚段储层分类识别结果

Fig. 8 Results of reservoir classification and recognition of some wells in Middle-Es3 of study area

6 结论

1) 临北地区沙三中亚段发育大段块状构造和滑塌变形构造,块状砂岩中漂浮有不规则状泥质撕裂块和砂质团块,块状泥质粉砂岩中漂浮有粉砂岩团块,为典型的砂质碎屑流沉积。

2) 研究区砂质碎屑流储层,孔隙度 11.2%~22.7%,渗透率小于 $30 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,是典型的低渗透储层。根据储层物性特点及低渗透储层的分类与评价标准将研究区储层分为 I、II、III 三类: I 类储层,主要是块状砂岩,也有少量细砂岩; II 类储层,主要是含泥质粉砂岩和杂砂岩; III 类储层,主要是泥岩。

3) 选取 AC、SP、GR 和 |RNML-RLML| 曲线建立储层的贝叶斯判别函数,判别函数的显著性明显 $\text{Sig} < 0.001$ 、对初始分组案例中的 96.9% 进行了正确分类和对交叉验证分组案例中的 96.3% 进行了正确分类,表明建立的判别函数和评价指标符合精度要求。

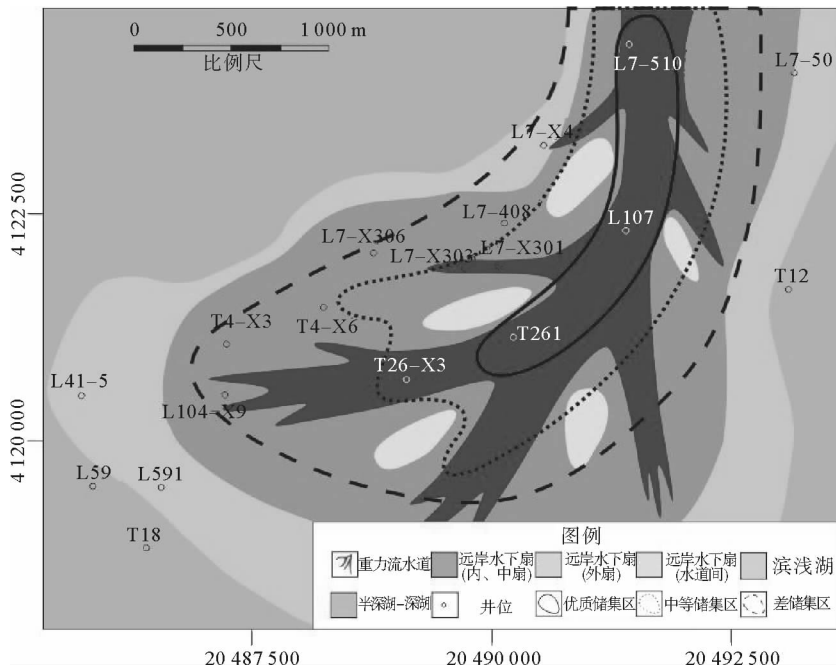


图 9 研究区沙三中亚段勘探开发有利区预测

Fig. 9 Favorable area for exploration and development in Middle-Es3 of study area

4) 利用贝叶斯判别函数,共识别出 I 类储层 3.4~47.6 m, II 类储层 0.8~27.6 m, III 类储层 4.6~68.4 m。有利储层区主要分布于重力流水道微相区,中等储层区主要分布于远岸水下扇(内、中扇)亚相区,差储层区主要分布于深湖相区,储层分布与沉积相展布特征相符。说明采用贝叶斯判别函数进行储层判别分析与勘探实践吻合,可用于对研究区储层进行评价。

参考文献:

[1] 韩作振,刘凤武,高丽华,等. 惠民凹陷临北断阶沙三中亚段砂质碎屑流沉积特征[J]. 山东科技大学学报(自然科学版), 2016, 35(2):1-7.
 HAN Zuozhen, LIU Fengwu, GAO Lihua, et al. Sandy debris-flow sedimentary characteristics of Middle-Es3 in Linbei Step-fault Zone of Huimin depression[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology (Natural Science), 2016, 35(2):1-7.

[2] 陈永红. 惠民凹陷沙三段三角洲前缘滑塌浊积砂体发育规律与油气聚集关系[D]. 广州:中国科学院广州地化所, 2006.

[3] 罗薇. 临 7 断块区沙三段沉积相与储层研究[D]. 荆州:长江大学, 2011.

[4] 回春,李因兰,孟海龙. 临盘油田临北地区沙三段油气成藏规律研究[J]. 内蒙古石油化工, 2010(4):101-102.

[5] 付殿敬,徐敬领,王贵文,等. 基于 Q 聚类分析和贝叶斯判别算法研究储层分类评价[J]. 科技导报, 2011, 29(3):29-33.
 FU Dianjing, XU Jingling, WANG Guiwen, et al. Reservoir classification and evaluation based on Q cluster analysis combined with Bayesian discrimination algorithm[J]. Science & Technology Review, 2011, 29(3):29-33.

[6] 马立文,窦齐丰,彭仕宓,等. 用 Q 型聚类分析与判别函数法进行储层评价:以冀东老爷庙油田庙 28X1 区块东一段为例[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2003, 33(1):83-86.
 MA Liwen, DOU Qifeng, PENG Shibi, et al. Comprehensively applying Q-model gathering and discriminant function methods to reservoir classification and evaluation; Taking Ed1 No. of Miao 28X1 block in Laoyemiao oilfield in Jidong as an example[J]. Journal of Northwest University(Natural Science Edition), 2003, 33(1):83-86.

[7] 唐俊,王琪,马晓峰,等. Q 型聚类分析和判别分析法在储层评价中的应用:以鄂尔多斯盆地姬塬地区长 8₁ 储层为例[J]. 特种油气藏, 2012, 19(6):28-31.
 TANG Jun, WANG Qi, MA Xiaofeng, et al. Application of Q-type cluster analysis and discriminatory analysis in reservoir evaluation; Taking reservoir Chang 8₁ of Jiyuan area in Ordos basin as an example[J]. Special Oil and Reservoirs, 2012, 19(6):28-31.

[8] AVSCTH P, MUKERJI T, JORSTAD A, et al. Seismic reservoir mapping from 3-D AVO in a North Sea turbidite system [J]. Geophysics, 2001, 66(4):1157-1176.