

文章编号: 0253-9985(2009)03-0370-09

泌阳凹陷复杂圈闭地震地质综合研究方法

孙耀华^{1,2}, 王 华³, 陆永潮³, 李思田³(1 中国地震局 地球物理研究所, 北京 100081; 2 中国石油化工集团公司
国际石油勘探开发公司, 北京 100083; 3 中国地质大学, 湖北 武汉 430074)

摘要: 运用高精度层序地层学的理论, 系统地划分和对比泌阳凹陷上白垩统至古近系不同级别的层序地层单元, 建立了凹陷内各级层序地层单元的对比框架, 并指出了凹陷北部斜坡带高位进积三角洲复杂断块群油气藏发育区、北部斜坡枢纽带内低位扇断层-岩性油气藏、深凹区湖扩展期和高位期滑塌浊积体及湖底扇透镜体圈闭发育区及南部陡坡带岩性油气藏发育区。以此为指导, 对凹陷北部斜坡、深凹区和南部陡坡 3 个构造带发育不同类型圈闭的特点, 开展了复杂圈闭的地震识别和预测技术研究, 发现了一批隐蔽目标, 钻探后取得了明显的地质效果。

关键词: 地震反演; 储层预测; 层序地层学; 复杂圈闭; 泌阳凹陷

中图分类号: TE132.1 文献标识码: A

An integrated seismic-geological approach to the study of complex traps in the Biyang Depression

Sun Yaohua^{1,2}, Wang Hua³, Lu Yongchao³, Li Sitian³(1 Institute of petrophysics China Earthquake Administration, Beijing 100081 China; 2 SINOPEC International Petroleum
Exploration and Production Company, Beijing 100083 China; 3 China University of Geosciences Wuhan, Hubei 430074 China)

Abstract The theories on high-resolution sequence stratigraphy were applied to the systematical recognition and correlation of the sequence stratigraphic units of different orders for the Upper Cretaceous to Paleogene in the Biyang Depression and to the establishment of correlation frameworks for sequence stratigraphic units of each order. We identified several favorable hydrocarbon reservoir types, including the complex fault block reservoirs of the high-stand prograde delta in the northern slope zone, the fault-lithologic reservoirs in the low-stand fan of the hinge zone in the northern slope, the lenticular reservoirs in the slump turbidite and sublacustrine fan in the deeply-sagged area, and the lithologic reservoirs in the southern steep slope zone. Based on these discoveries, we studied the various trap types developed in the northern slope zone, deeply-sagged area and the southern steep slope zone and carried out research on their seismic recognition and prediction. Many subtle reservoirs were identified through seismic prediction and proved through drilling.

Key words seismic inversion; reservoir prediction; sequence stratigraphy; complex trap; the Biyang Depression

泌阳凹陷面积约 1 000 km², 其形成主要受北西西向的唐河-栗园断裂和北东向的栗园-泌阳断裂的控制, 沉积沉降中心位于东南部边界断裂交汇处的安棚-安店一带。主要勘探层系为古近系核桃园组和大仓房组, 构造单元可划分为 3 个带, 即南部断裂带、中部凹陷带、北部斜坡带。北

部以鼻状或断鼻构造为主, 南部以断鼻或断背斜为主。核桃园组三段(核三段)为主要生油层, 生油岩分布面积大, 有机质丰度高、类型好。主要含油气层段为核二段-核三段, 由于四周物源比较丰富, 砂岩较发育, 与生油层组成良好的生、储、盖组合, 具有良好的油气运移和保存条件(图 1)。

收稿日期: 2009-01-20。

第一作者简介: 孙耀华(1964-), 男, 教授级高级工程师, 地震地质综合研究。

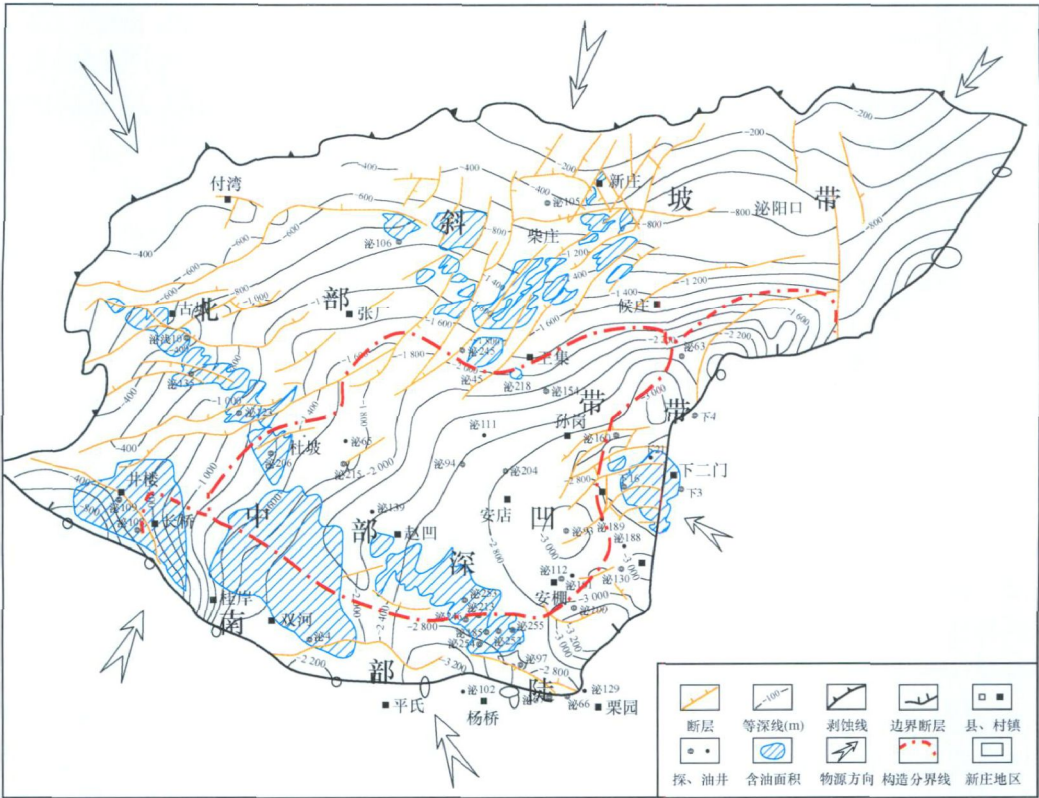


图 1 泌阳凹陷构造分区示意图

Fig. 1 Map showing the structural division of the Biyang Depression

目前泌阳凹陷尚有较大的剩余资源量,主要集中在难以寻找的小断块、地层和岩性等隐蔽圈闭中^[1]。

层序地层学以综合使用高分辨率测井层序、地震层序、地震相和地震属性分析等技术,充分发挥地质、地震新理论及其综合应用的技术优势为前提,在空间上建立等时层序地层格架,重建沉积体系的空间展布,为复杂圈闭勘探提供了有效途径。通过在层序地层格架控制下研究各种类型砂体,预测各类复杂圈闭发育的有利相带或目标,然后利用先进的地球物理技术对有利的目标和区带作进一步的预测和评价,提高勘探的成功率^[2-3]。

1 泌阳凹陷层序地层格架的建立

高精度层序地层格架的建立是充分利用岩心、测井、地面露头、高分辨率三维地震等资料进行较常规地震地层学更为详尽的地层格架研究方法^[4-7]。

1.1 层序框架模式的确定

通过大量测井和构成网络的地震剖面等资料的综合分析,系统地划分和追踪对比了泌阳凹

陷上白垩统至古近系不同级别的层序地层单元,建立了凹陷内各级层序地层单元的对比框架。研究区内的上白垩统、玉皇顶-大仓房组、核三段、核二段、核一段和廖庄组基本上相当于二级层序地层单元。其中一级层序——超层序界面 3 条: $SB_g(T_g)$, $SB_5(T_5)$, $SB_1(T_1)$; 二级层序——层序组界面 3 条: $SB_4(T_4)$, $SB_3(T_3)$, $SB_2(T_2)$; 主要目的层段(核二、核三段)——三级层序界面 5 条: SB_5^5 , SB_5^4 , SB_5^3 , SB_5^2 , SB_5^1 (图 2)。

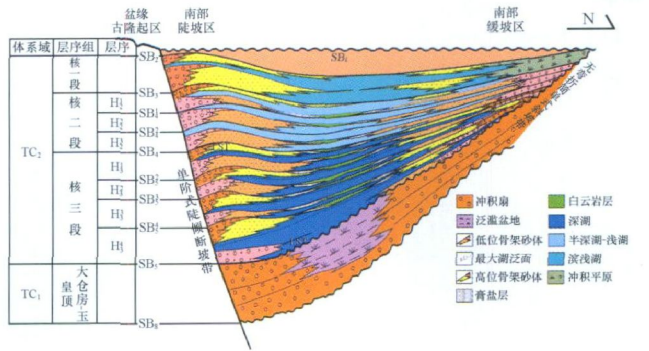


图 2 泌阳凹陷层序地层格架模式剖面

Fig. 2 The profile of the sequence stratigraphy framework

LST: 低位域; EST: 湖扩域; HST: 高位域; OL: 开阔湖

1.2 层序沉积体系分布特征

根据构造与沉积体系的关系图,建立构造坡折及层序内沉积岩相模式。利用构造坡折-层序岩相模式可预测有利储集相带,从而预测有利于油气成藏的主要砂体,完成泌阳凹陷各重点层序低位域、高位体系域沉积相分布图(图 3)。

北部为简单的缓坡,低位期沿斜坡发育进积的骨架砂体;湖扩展期发育退积的滨岸砂;高位期发育进积的辫状河三角洲。沿北缓坡枢纽带内,低水位时沿下切水道注入湖盆次凹的大型远源低位扇体系,如泌阳凹陷张厂、古城、王集-侯庄低位扇体;高位期过渡为辫状河三角洲体系。砂分散体系规模较大,沿枢纽带内呈裙状分布。

南部为单断型断坡带,主要发育冲积扇-扇三角洲及近岸低位扇体系。沿南部陡断坡带发育的双河、杨桥、栗园、梨树凹、下二门等一系列规模大小不等的低位扇或高位扇三角洲砂体。

中部核三下发育深水沉积,核三上-核二低位期和高位晚期发育天然碱湖体系。

1.3 层序地层格架下复杂圈闭分布特征

1) 北部斜坡外带发育高位进积三角洲砂体所形成的断块群油气藏。

北部斜坡是一个沉积构造复合斜坡,自西向东发育有古城、张厂、王集、侯庄等多个三角洲砂体和一系列的鼻状构造,这些鼻状构造形成时期较早,且多数位于砂体的主体部位,是油气聚集的

有利场所。已发现的古城、杨楼、王集、新庄等油田都是鼻状构造背景下的断鼻断块群油藏以核三上段的为主,多属高位域三角洲的产物。外带有利于寻找高位域三角洲的复杂断块群油气藏和复杂断块加多变砂层的复合油藏。

2) 北部斜坡内带是寻找低位扇体的断层-岩性油气藏有利区。

由于低位域时期湖盆平面相对较低,沉积范围要比湖扩展域和高位域要小,但沉积物仍然在相对低凹的地区沉积下来,油藏类型以构造油气藏(断块、断层+岩性)为主,也常见各个层序湖扩展域时期发育的上超砂体形成的地层超覆油气藏。故北部斜坡内带寻找低位扇体的断层-岩性油气藏的有利区。

3) 深凹区湖扩展期和高位期是滑塌浊积体、湖底扇透镜体圈闭发育区。

在湖扩展期和高位期,斜坡地带一般发育退积式或进积式准层序。伴随着岸线的后退,沉积物在斜坡上的堆积使得斜坡坡度逐渐大于沉积坡度,当受到地震、风暴浪等外界因素的激发,斜坡上尚未固结成岩的沉积物就会发生滑塌形成浊流,进入较深湖区,形成岩性尖灭或岩性透镜体。这些沉积于深湖背景中的砂砾岩体,被非渗透性的深湖泥岩所围限,可以形成自生自储的岩性油气藏。

4) 南部陡坡带是岩性油气藏发育区。

南部陡坡带是扇三角洲及近岸水下扇发育的地区,在此地区可寻找砂岩上倾尖灭型油气藏。南部陡坡带层序地层发育在沉积上具有明显的近源、短距离搬运和快速沉积的特征,发育低位近源扇三角洲和高位扇三角洲、近岸水下扇为主体的两种沉积体系,其中扇三角洲的陆上平原分布面积较小,而近岸水下扇却表现为近物源风化产物快速入湖,直接进入半深湖、深湖水体中,与深湖黑色、灰黑色泥岩、页岩或油页岩互层沉积。在此沉积环境中容易形成湖扩展域砂体超覆油气藏,扇中砂体后期抬升形成的砂体上倾尖灭油气藏和水下扇砂体滑塌形成的砂岩透镜体油气藏。

2 北部斜坡复杂断块群圈闭预测技术

针对北部斜坡带复杂断块加多变岩性的特点,主要选择使用地震相干分析面块切片等技术提高对小断层的识别能力,利用三维可视化技术

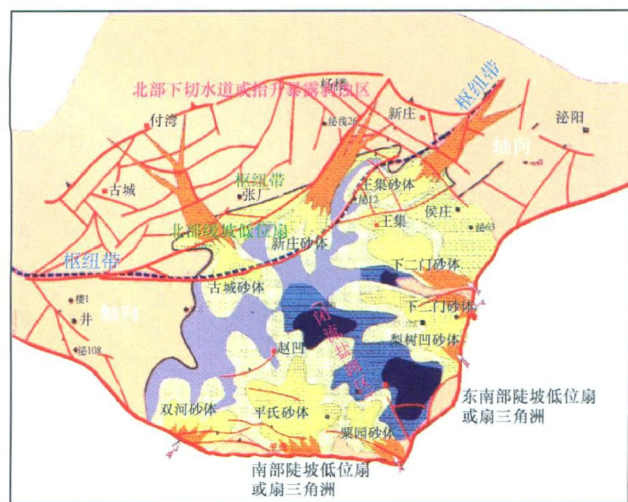


图 3 泌阳凹陷低位体系域沉积相分布示意图

Fig. 3 Distribution of LST sedimentary facies in the Biyang Depression

综合解释多种地震资料, 通过透视、光照突出沉积相分布特征, 应用薄储层预测技术细化砂层展布。

2.1 地震-地质储层综合标定

层位标定就是把已知深度域的井资料同时间域的地震资料特征对应起来, 主要包括单井标定、多井标定和地震地质综合标定。

1) 单井标定: 通过合成记录把井资料同过井地震剖面联系起来。合成记录制做中要考虑测井资料的处理、时深标定、地震极性确定、频带一致性处理和标志层的控制等^[8]。在对应关系时, 首先应抓住大套反射波同相轴波组特征和区内明显的地层界面反射特征进行标定, 其次再对每一套反射层内部的地层反射进行细节调整。

2) 多井标定: 通过联井地震剖面, 建立多井标定的空间关系, 然后对标定层位、断层及特殊岩性进行追踪、对比, 检查同一层位、同一断层及岩相特征在不同井标定的吻合程度和横向波组的一致性。一是检查地质分层是否合理, 二是检查深一时关系与波组关系对比是否合理, 三是检查从井点建立的地层岩性横向变化特征的合理性。

3) 地震地质综合标定: 采用层序地层学方法划分沉积旋回, 应用测井曲线的组合特征和沉积相展布特点建立地层分布关系, 包括地层岩性组合分析、标志性岩性(煤层)或界面(角度不整合)、沉积旋回分析和地质分层的调整, 结合联井地震剖面, 建立测井特征、岩性组合及地震反射特

征一致的全区空间层位标定。

通过单井层位标定技术、多井联井线标定和地震地质综合标定, 从线、面和空间上对层位标定结果进行检查, 从而有效提层位标定的精度, 为复杂断块圈闭的精确识别奠定了基础。

2.2 利用多种技术提高识别能力

相干体技术是利用数学方法突出相邻道之间地震信号的非相似性, 从而达到检测断层、突出沉积相等变化特征的目的^[9]。采取分方位、分频带的相干处理方法, 可以提高不同走向小断层识别的能力(图 4)。由于相干体技术人为因素影响小, 解释可靠性高。

面块切片是一定厚度的水平时间切片的常相位组合显示^[10]。它的显示属性分时间和振幅两种, 对所定义的同相轴, 用颜色表示时间值或振幅值。具有断层显示清楚、组合简单, 直接反映构造层特征, 可人工干预解释, 适应性较强, 自动追踪功能强和具解释效率、精度高特点。可以通过调节时间厚度的大小及其采样率等来提高面块切片的信噪比和分辨率。对比可知, 面块切片对小断层、微小断层的分辨能力远大于时间切片(图 5、图 6)。

三维可视化解释是直接利用三维可视化工具对三维数据体作构造、断层、地层沉积、岩性、储集参数和含油气性等方面的交互解释^[11]。三维可视化是全三维解释的核心技术, 既可以在空间上用各种形式显示地震数据体、井资料、解释成果等,

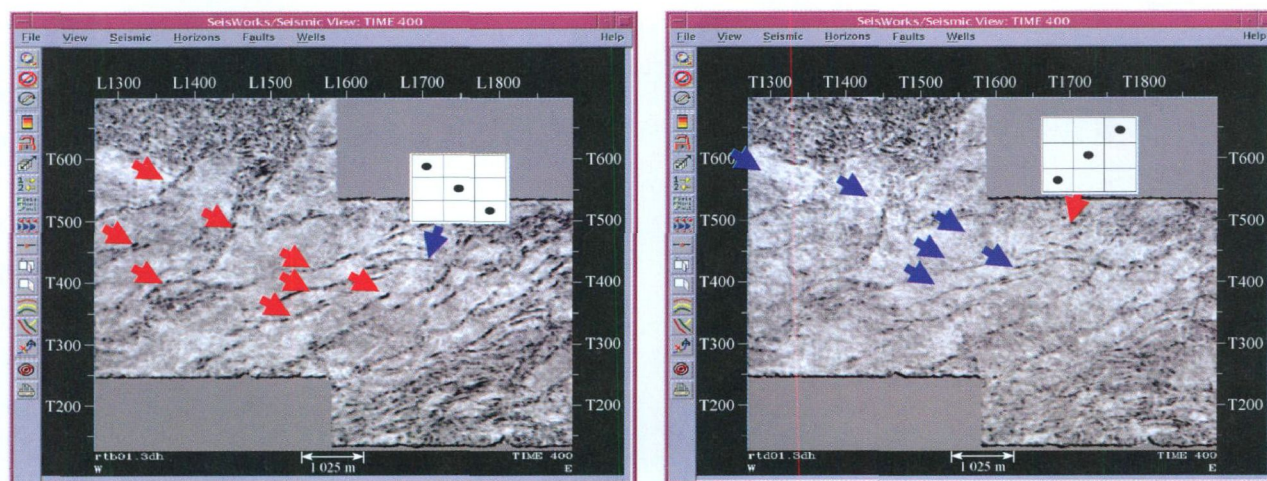


图 4 不同方位相干性分析对比

Fig. 4 Coherence contrast at different azimuths

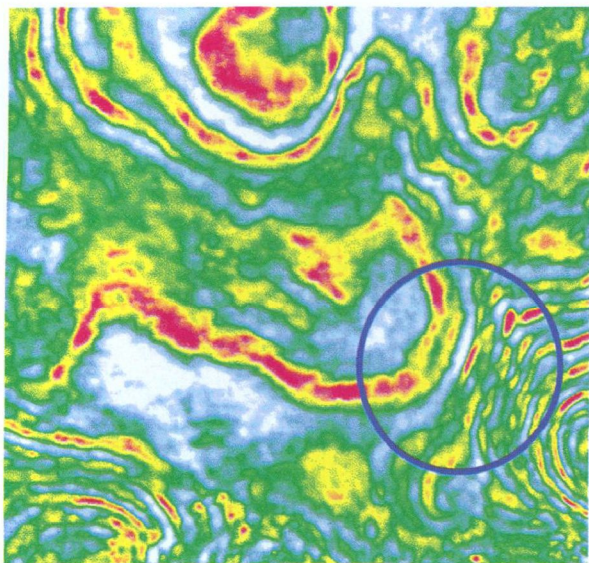


图 5 北部斜坡区 300 ms 振幅切片

Fig. 5 Amplitude slice at 300ms in the northern slope zone

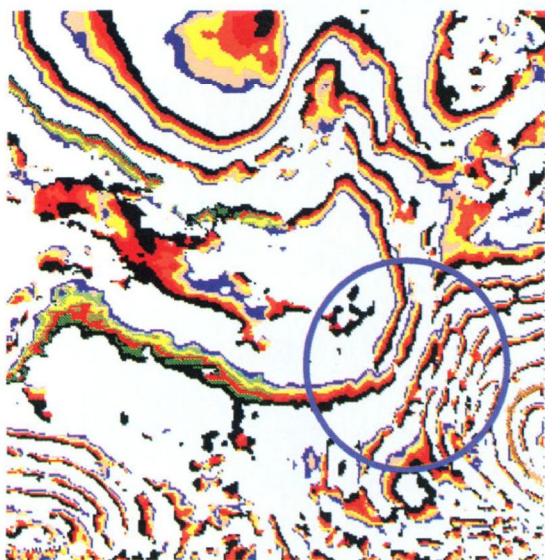


图 6 北部斜坡区 300 ms 面块切片

Fig. 6 Surface slice at 300ms in the northern slope zone

对多种三维地震属性资料进行体解释;又可以对数据体作空间切割产生多视角和半透明度的立体图象,使解释员从一个全新的角度观察地质体的地震响应和空间形态,最后对剖面和平面的解释结果作质量控制。

2.3 利用频谱成像技术细化砂层展布

频谱成像技术可以把地震资料分解成频率调谐体和离散频率能量体,与薄层干涉、地震子波和随机噪声密切相关,利用薄层调谐体离散频率特征,通过分析复杂岩层内频谱变化和局部相位的

不稳定性,识别薄地层横向分布特征。对于小于四分之一波长的地层,其时间厚度增加,地震振幅呈拟线性增加,当四分之一波长时达到最大振幅值。频谱成像技术提供了利用三维地震资料的多尺度信息对储层高分辨成像、刻画时间厚度变化的工具。

2.4 利用地震属性分析预测砂体分布及含油气性

多种地震属性预测的关键是对地震参数的提取、优化和模式识别方法的选择使用。

1) 地震参数的提取:地震资料按时间、振幅、频率和衰减分类,可以分为数百种参数;但概括讲,由时间得到的属性能提供构造信息,振幅的属性可提供地层和储层的信息,频率属性能够提供其它有用的储层信息,衰减参数有可能提供储层含油气性和渗透率有关的信息。

2) 地震参数的优化选择:由于有些属性可能与目的层本身无关,而反映的是浅层干扰的变化,若不加去除,肯定会引起混乱;其次,大量的属性中肯定包含着彼此相关的属性,会造成处理算法的不稳定;另外,当样本数固定时,属性过多反而造成预测结果的混乱,地震属性优化方法可分为地震属性降维映射和地震属性选择两大类。

3) 模式识别方法的选择:单属性油气预测仅适用地质条件比较简单、地震资料信噪比高的情况。BP神经网络油气预测方法具有自学习能力、自适应能力和较强的容错能力,是一种较好的油气预测方法,但其样本训练和地震属性优选方面较难,需要有油气和干储层的学习种子。泌阳凹陷勘探程度高,已经钻探的各类探井很多,为模式建立提供了优良的学习种子,因此多选择使用神经网络模式识别技术。

利用上述方法,在新庄地区对 80 km^2 三维地震资料 6 个反射层进行精细解释,对该区主要目的层的含油气性进行预测,编制了相应的六层构造图,理顺了该区的断裂系统,新发现和落实大小圈闭 60 余个,累计圈闭面积 15.7 km^2 (图 7)。经过圈闭综合评价和井位论证工作,已分两批部署浅探井 22 口,有 18 口井钻遇油层,新发现一批含油圈闭,在复杂断块区大大提高了探井成功率。

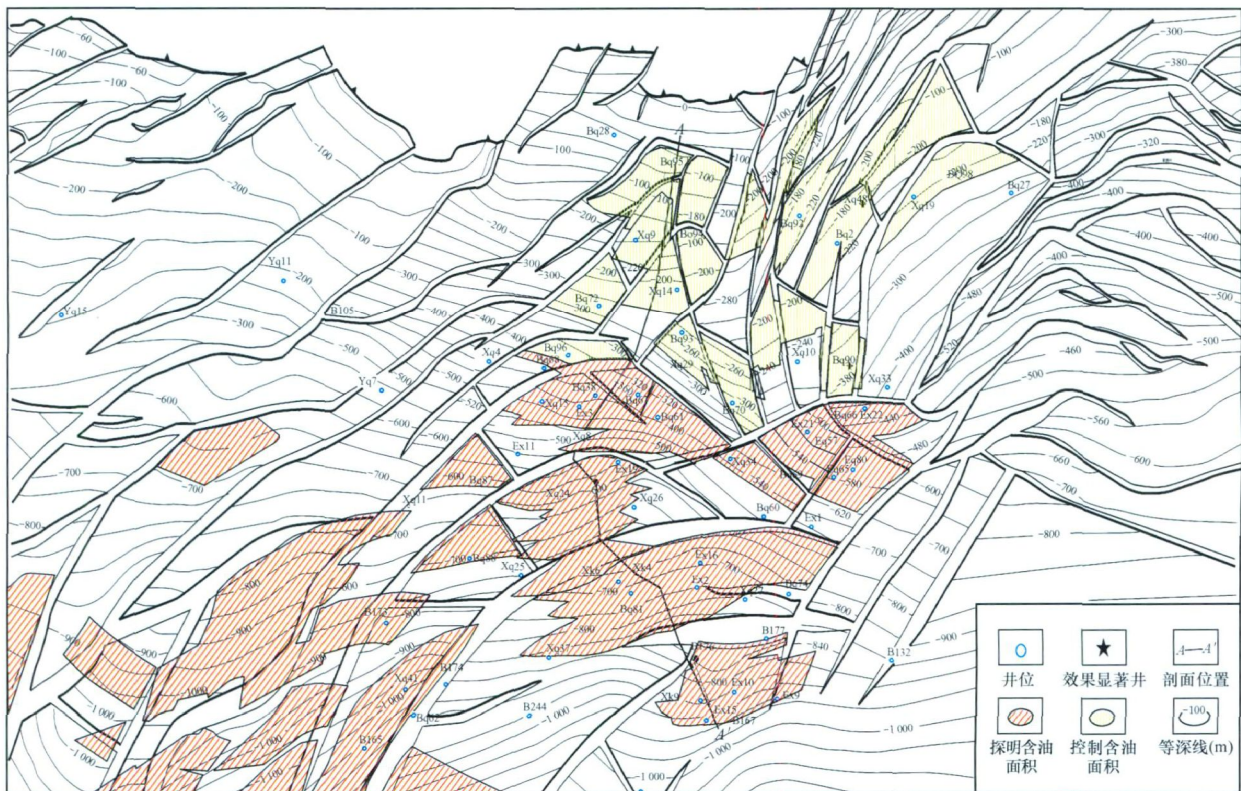


图 7 新庄地区 T_3^s 反射层构造与含油面积叠合示意图

Fig. 7 Superimposition of T_3^s reflector structure and oilbearing acreage in Xin Zhuang area

3 中部深凹区隐蔽圈闭勘探预测技术

针对该区位于生油中心, 断层不太发育, 构造相对简单的特点, 利用多属性交汇分析预测砂体分布; 在已知井的控制下对地震资料进行储层反演处理和解释, 根据地震吸收系数资料预测砂层的含油气性。

3.1 利用地震吸收系数资料预测砂体含油气性

地震子波是地震波在传播过程中受大地滤波作用的综合载体, 地层中不同的流体成分对子波的衰减作用不同, 当地层中含油气时, 吸收作用会更强。瞬时子波吸收分析 (WEA) 首先分析叠后剖面的频率展布特征, 结合目的层厚度分布范围, 合理选取分析时窗的长度和频段, 在复赛谱域提取子波的振幅谱, 拟合谱上的高频能量衰减曲率。再使用趋势分析方法分离出剩余衰减曲率, 去除自然吸收背景, 剩余的吸收异常就能更好地反应目标储层的吸收衰减作用。

从过安棚鼻状构造轴部的吸收系数剖面可

见, 在层系上, $H_3^1-H_3^2$ 砂组的吸收整体较弱, $H_3^3-H_3^4$ 砂组的强吸收范围扩大, 主要分布在安棚的鼻状构造带 (图 8)。剖面上强吸收同含油层位一致, 平面上同该油田的分布范围相吻合。

3.2 利用多属性交汇分析预测砂体分布特征

交汇分析方法是在多维属性空间上区分具备不同属性特征的目标砂层或岩性的一种方法。在安棚地区核三段隐蔽油气藏预测中, 利用三维交汇方法, 对地震振幅和从地震反演中得到的波阻抗、伪伽马等数据体进行透视处理。用井资料分析得到的目标砂岩所含的伽玛值范围为依据, 首先从伪伽玛数据体中检测到对应层位的砂岩分布, 然后再从砂岩分布体中以波阻抗资料为基础区分出较低波阻抗分布的含油气砂岩分布特征 (图 9)。

3.3 在测井地震资料约束下进行储层岩性模拟反演

在本区储层研究中, 对于空间上非连续的变量 (岩性和储层厚度), 采用带趋势的序贯指示模

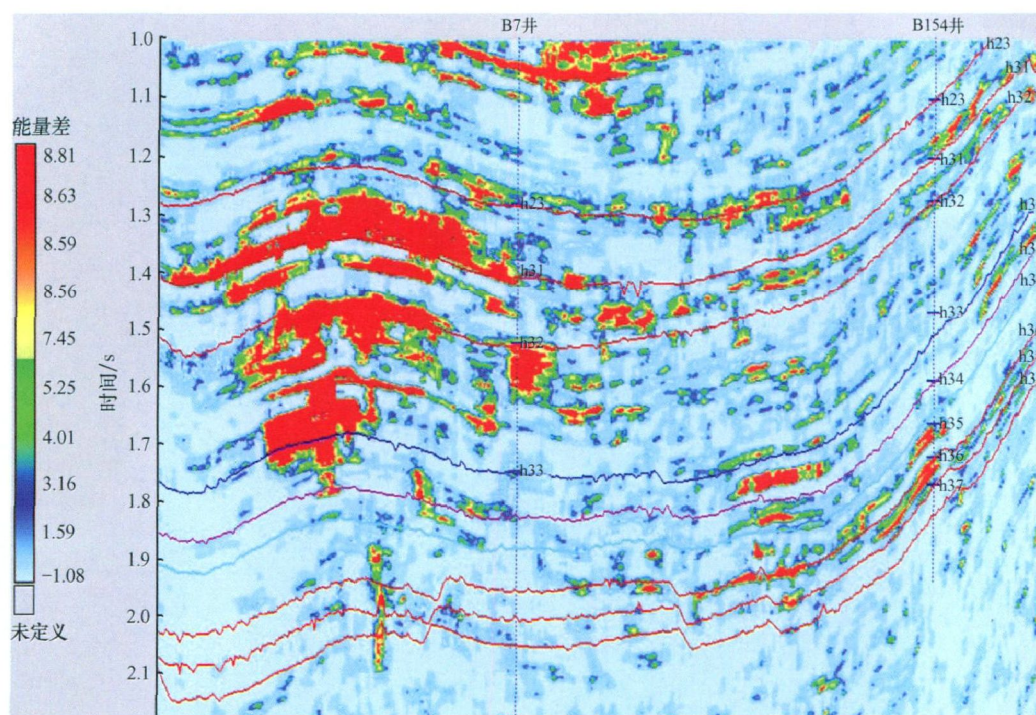


图 8 过 B154 井吸收系数

Fig. 8 The absorption coefficients across the well B154

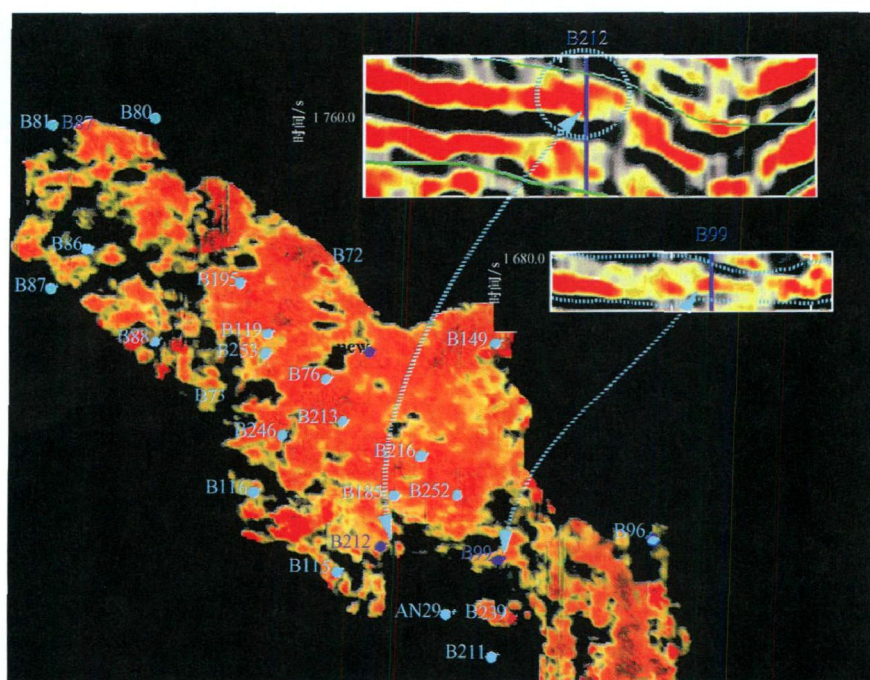


图 9 安棚地区IV砂层组含油气范围预测

Fig. 9 The prediction of oil-bearing area of the IV sandstone in the Anpeng area

拟方法反演各种岩性的空间展布。主要包括岩性统计分析、波阻抗与岩性的转换、变差函数分析和计算随机模拟岩性体,把反演波阻抗体转换为离散的岩性概率体,作为协克里金分析的软约束条

件,利用变差函数既可以定量地概括地质变量的结构信息,又可以为估计与模拟奠定基础,因此它是随机模拟技术的关键环节。本区储层的波阻抗变差函数为指数型或高斯型。

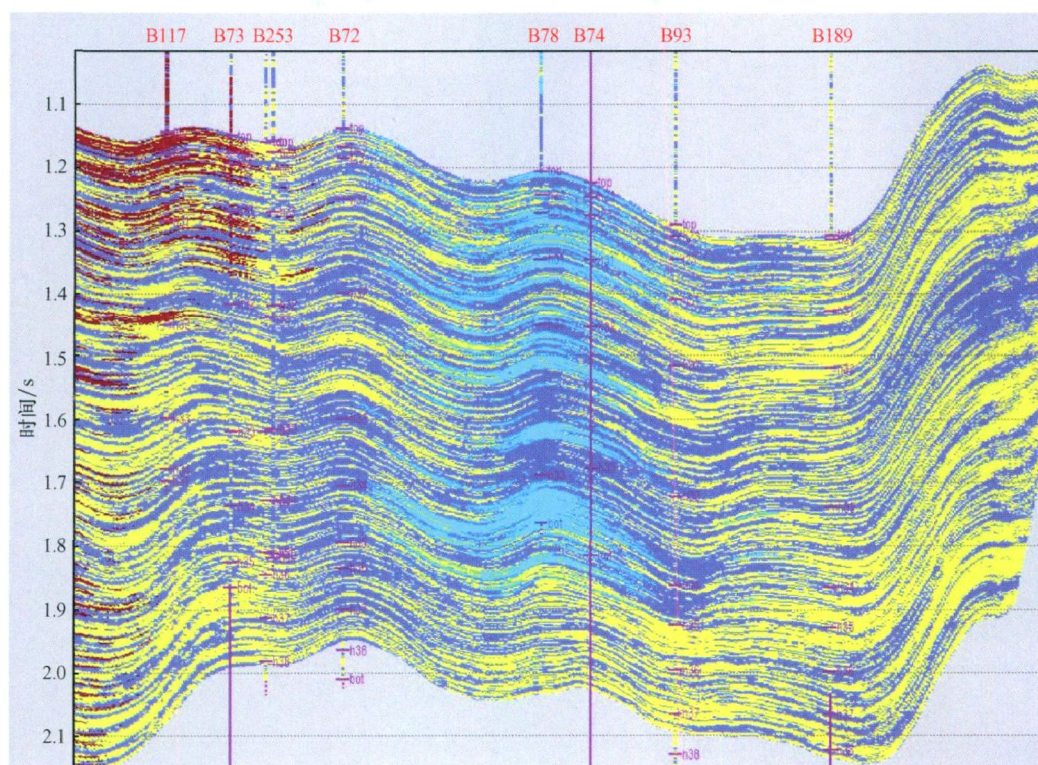


图 10 4种岩性随机模拟反演剖面

Fig. 10 The inversion profiles of stochastic simulation of four lithologies

(蓝色为泥岩, 黄色为砂岩, 棕色为砾岩, 浅蓝为白云岩。)

图 10是从随机模拟反演得到的岩性体中抽出的联井剖面, 从左到右是从南部平氏-安棚-东部下二门方向, 可以看出反演结果既同井的岩性吻合很好, 又在地震资料的约束下同地质分析的结果相一致, 起到了横向岩性预测的作用。

根据储层预测圈定的砂岩上倾尖灭圈闭部署泌 252井见油气显示 34层 109.0 m, 核三下亚段电测解释油层 10层 60.9 m。对 3 227.9~3 245.5 m (3层 12.1 m) 试油获油 $4.63 \text{ m}^3/\text{d}$ 天然气少量, 压裂后获得高产油气流 (油 $99.4 \text{ m}^3/\text{d}$ 、气 $1.57 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)。部署钻探的泌 253井在 2 125~3 527 m 井段见各种级别油气显示 139层 628.5 m, 电测解释油气层 7层 25.2 m, 核磁测井解释油气层 7层 40.1 m。通过对该区油藏评价描述, 2001年上交探明储量 $1\,230 \times 10^4 \text{ t}$ (油当量)。

4 南部陡坡带隐蔽圈闭预测研究

4.1 利用地震相模式识别砂砾岩体分布

对于沉积体而言, 地震相可以理解为沉积相

在地震反射剖面上主要特征的总和。利用地震相特征, 可以定性地识别有利的地质体或有利的储集体。砂砾岩扇体往往在地震剖面上显示出特殊的反射结构和几何外形, 易于识别。根据泌阳凹陷南部断裂带地震反射特征与几何形态, 能突出反映地震相地质含义的主要特征, 可划分强振幅杂乱反射、中振幅平行连续地震、中振幅平行-亚平行断续连续、中强振幅波状反射、弱振幅平行-连续反射和弱振幅断续反射六种地震相。在平面上, 扇三角洲体系地震相分为两部分, 扇三角洲前缘水下分支河道反射结构不稳定, 变振幅杂乱反射, 连续性差, 振幅中至次强等, 外形是向盆地边缘加厚的楔形。扇三角洲前缘河口坝、席状砂和远源水下分支河道前端反射结构为波状微发散或倾斜的前积反射, 振幅中等, 向盆地方向反射层减薄, 连续性变好。滑塌透镜体地震相为中振幅波状反射, 外形具丘状, 向两侧过渡为弱振幅, 平行-亚平行反射地震相, 向扇方向对应倾斜的前积反射结构。湖相 (包括白云岩相带) 一般为中振幅平行连续地震反射相和中强振幅波状反射地震相。

4.2 通过沿层地震属性分析确定岩体边界

当地层倾角较大或构造较复杂时,单独利用水平切片技术无法识别扇三角洲砂体,可以利用层拉平技术,将数据体沿目的层段某一反射层位拉平,拉平后数据体以时间为单位(可不同间隔)切成许多平面进行扫描,根据地震属性的变化特征,结合地震剖面反射特点,判断是否是扇三角洲的砂体,再利用切片的平面信息对砂体进行追踪描述。由于储层的非均质性能引起地震信息的不规则变化,在相干体切片上会表现为低相干。

泌阳凹陷白云岩主要分布于深凹区核二—核三上亚段,构造较为简单,无断层发育,属静水半深湖相沉积。目前已有 35 口井钻遇白云岩,有 19 口井钻遇油气显示,云 2、泌 103、泌 112 三口井在核二段获得工业油流。图 11 是核二段地震振幅平面图,黄色区域为核二段白云岩地层地震振幅,反映在能量较强,集中在 4 000~6 000 m 之间,衰减较慢,频率较低,在 20~30 Hz 之间,均方根振幅值在 80 Hz 左右,在地震反演波阻抗沿层平面图上为高阻抗分布区。在钻遇白云岩井的控制下,利用地震层切片分析圈定有利的白云岩分布区。依据试油及测井资料,在核二¹段,计算含油面积 2.7 km²,有效厚度 15.2 m,预测石油地质储量 278 × 10⁴ t;核二²段,含油面积 3.4 km²,有效厚度 16.6 m,预测石油地质储量 382 × 10⁴ t;核二³段,含油面积 4.7 km²,有效厚度 14.5 m,预测石油地质储量 461 × 10⁴ t。

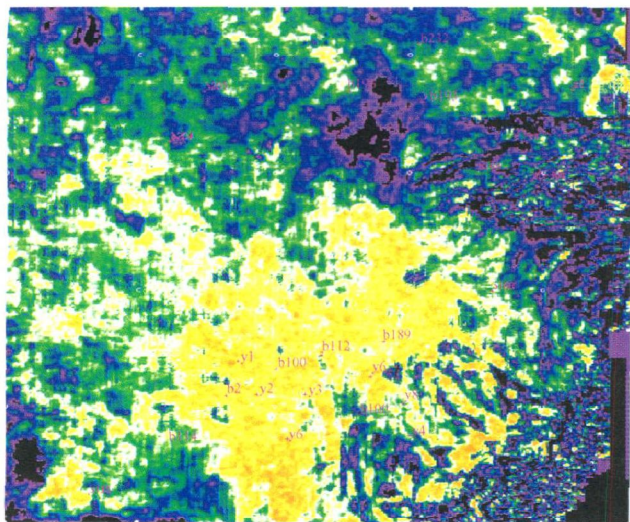


图 11 核二段白云岩区振幅

Fig. 11 Map showing the amplitude of the dolomite interval in the second member of the Hetaoyuan Formation

合计预测石油地质储量 1 121 × 10⁴ t。

4.3 用提高分辨率的地震反演方法预测砂体分布

稀疏脉冲反演方法可以提高地震反演的分辨率,但稀疏脉冲反演得到的绝对波阻抗数据不是全频带的,它缺少低频信息和高频信息。利用 Jason 软件,从已有的钻井资料中建立模型,在此约束下对地震资料进行反演处理,得到较宽频带的地震波阻抗资料。

通过对新三维地震资料的精细解释和综合研究,在南部陡坡带查明了一批不同深度、不同类型的局部圈闭,部署多口深浅井钻探,在该区浅中深层均发现油层。泌 304 井圈闭属于构造背景下的岩性圈闭,在地震相上,在近东西地震剖面上表现为丘状反射,同相轴向两侧减薄合并,从盆地边界断层向盆地内部,反射减薄,连续性也变好,综合分析认为物源来自南部边界发育的小砂砾岩体。钻探的泌 336 井在 H₂ 7—8 小层试油日产油 2.55 m³,累计产油 25.1 m³;泌 304 井在 H₂ 1 小层,试油日产油 4.42 m³,水 0.57 m³,新增含油面积 1.44 km²,新增探明石油地质储量 828.29 × 10⁴ t。

5 结束语

在层序地层框架的指导下,综合地质、地震和测井等资料预测盆地内各类复杂油气藏发育的有利部位,然后通过已发现油藏的标定对比,预测出古近系各主要目的层的隐蔽圈闭发育区。以此为指导,针对不同层位、不同区域发育的不同圈闭类型,选择使用合适的地震勘探新技术,具体落实和评价勘探目标。经过几年的技术应用,先后在泌阳凹陷北部斜坡带浅层复杂断块油藏勘探、安棚深层系低孔低渗油气藏勘探和南部陡坡带浅中深层整体勘探中取得重大突破,5 年北部斜坡累计新增探明储量 5 964 × 10⁴ t 可采储量 1 125.9 × 10⁴ t 南部陡坡带新增控制储量 1 740 × 10⁴ t 为河南油田的增储稳产做出了重要的贡献。

参 考 文 献

- 1 王敏,秦伟军,赵追,等.南襄盆地泌阳凹陷油气藏形成条件及聚集规律[J].石油与天然气地质,2001,22(2):169~172

(下转第 383 页)

表 1 永进油田西山窑组物性下限值

Table 1 Porosity and permeability cutoffs of the Xishanyao Formation in the Yongjin oilfield

方法	孔隙度, %	渗透率 $/ (10^{-3} \mu\text{m}^2)$
经验统计法	4.8	0.06
含油产状法	6.0	0.08
物性试油法	6.5	0.07
核磁共振法	6.0	0.10
最小流动孔喉半径法	6.3	0.08
驱替压力实验法	5.2	0.06
综合取值	6.0	0.08

3 结语

特低孔、特低渗砂岩储层有效厚度物性下限确定非常复杂, 又非常关键。使用多种方法, 从多个方面反映各因素的影响, 经过对各种方法的确定结果进行对比分析后最后综合确定, 避免因研究方法单一而在对下限标准取值时可能产生的较大偏差。在资料允许的情况下, 这几种资料最好能综合运用、相互验证, 才能保证物性下限的合理与正确。本文应用经验统计法、含油产状法、物性试油法、核磁共振法、最小流动孔喉半径法、驱替压力法等 6 种方法, 明确了永进油田西山窑组油藏有效储层物性下限孔隙度为 6%, 渗透率为 $0.08 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 为储量计算提供了依据。该标准的建立对开发生产、试油试采具有指导性作用, 同时对特低孔特低渗储层评价也具有重要意义。

(上接第 378 页)

2 李思田. 陆相盆地高精度层序地层学 [M]. 北京: 地质出版社, 2003

3 胡受权, 陈萍, 闫福旺, 等. 泌阳断陷湖盆陡坡带陆相层序油气藏成藏类型及分布规律探讨 [J]. 河南石油, 2001, 15(2): 27~32

4 林畅松. 高精度层序地层学和储层预测 [J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 33~38

5 李思田. 沉积盆地的动力学分析 [J]. 地学前缘, 1995, (2): 173~181

6 贾振远. 成岩地层学与层序地层学 [J]. 地球科学, 1997, 22(5): 538~543

7 陈开远. 成油体系中的层序地层学 [J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(3): 221~226

8 邱荣华, 孙耀华, 张永华, 等. 泌阳凹陷新庄地区浅层三维地震勘探 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(2): 242~245

参 考 文 献

1 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

2 周丽娟, 陈恭洋, 王泽中, 等. 储层测井多井评价技术及运用 [J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(4): 368~373

3 魏小薇, 谢继容, 唐大海, 等. 低孔渗砂岩储层基质物性下限确定方法研究 [J]. 天然气工业, 2005, 25(增刊 A): 28~31

4 钟淑敏, 刘传平, 杨青山. 一种有效确定特低渗透砂岩储层有效厚度的方法 [J]. 大庆石油地质与开发, 1999, 18(5): 46~48

5 崔永斌. 有效储层物性下限值的确定方法 [J]. 国外测井技术, 2007, 22(3): 32~35

6 曾伟, 强平, 黄继祥. 川东嘉二段孔隙层下限及分类与评价 [J]. 矿物岩石, 1997, 17(2): 42~48

7 原海涵. 毛管理论在测井解释中的应用 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1995

8 王渝明. 基于启动压力梯度的低渗透砂岩储层分类研究 [J]. 高校地质学报, 2005, 11(4): 617~621

9 王昔彬, 刘传喜, 郑荣臣. 大牛地区致密低渗透气藏启动压力梯度及应用 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 698~702

10 李红, 柳益群, 刘林玉. 鄂尔多斯盆地西峰油田延长组长 8₁ 低渗透储层成岩作用 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(2): 209~217

11 刘树根, 单钰铭, 黄思静, 等. 塔河油田碳酸盐岩储层声学参数特征及变化规律 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(3): 399~404

12 张峭楠. 致密天然气砂岩储层: 成因和讨论 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1): 1~10

13 赵俊峰, 纪友亮, 陈汉林, 等. 电成像测井在东濮凹陷裂缝性砂岩储层评价中的应用 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(3): 383~390

(编辑 陈喜禄)

9 孙耀华, 张永华, 罗涛. 泌阳凹陷隐蔽油气藏勘探技术实践探索 [J]. 江汉石油学院学报, 2003, 25(3): 43~44

10 孙耀华, 罗涛. 一种量化区带综合评价方法 [J]. 江汉石油学院学报, 2004, 26(3): 25~26

11 张永华, 赵雨晴, 杨道庆, 等. 井约束反演技术在白云岩缝洞型储层预测中的应用 [J]. 新疆石油地质, 2006, 27(2): 219~222

12 盛文波, 操应长, 刘晖, 等. 东营凹陷古近纪孔盆断层演化特征及盆地结构类型 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(3): 290~296

13 王家豪, 王华, 肖敦清, 等. 伸展构造体系中传送带的控砂作用—储层预测新思路 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1): 19~25

14 姜建伟. 南襄盆地泌阳凹陷高成熟开发区隐蔽油气藏识别技术 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(3): 361~364

(编辑 董立)