

文章编号: 0253-2697(2004)03-0032-05

松辽南部构造—岩性油气藏识别技术及应用

邹才能¹ 李明¹ 赵文智¹ 赵一民¹ 梁春秀²

(1. 中国石油勘探开发研究院 北京 100083; 2. 吉林油田分公司 吉林松原 138000)

摘要: 松辽南部大面积、低丰度油气藏目前是我国增储上产重点地区,面临的主要问题是低幅度、小断裂、薄砂层,油藏类型复杂多变,以构造岩性复合油藏为主。针对控制圈闭的低、小、薄问题,采用有针对性技术,即应用真三维地震解释和变速成图解决低幅度、应用相干体和地层倾角检测解决小断裂、应用地震相控制下的多参数岩性反演解决薄砂层,最终经综合评价优选井位。经钻井验证发现一批构造岩性复合油气藏,取得明显效果,表明该项技术实用有效,具有推广价值。

关键词: 构造—岩性油气藏;低幅度;小断裂;薄砂层;识别技术

中图分类号: P631.8 **文献标识码:** A

Recognition technique and application of structure-lithology pool in the south of Songliao Basin

ZOU Cai-neng¹ LI Ming¹ ZHAO Wen-zhi¹ ZHAO Yi-min¹ LIANG Chun-xiu²

(1. *Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing 100083, China;*
2. *Jilin Oilfield, Songyuan 138000, China*)

Abstract: In the south of Songliao Basin, large-area and low-abundance pool is the key area for increasing reserves and production. At present, it is facing the main problems of low abundance, small fault, thin sand layer, having complex and levity reservoir and relying mainly on composite structure-lithology reservoir. The pertinent techniques for controlling the problems of low, little and thin trap were adopted, including the techniques of very 3D-seismic interpretation and velocity-varying mapping accounted for low-amplitude traps, both of coherence and dip-layer checking for small fault, multi-parameter lithology inversion for thin sand layer under control of seismic facies. Finally, optimum well location is sought after appraised synthetically. It has gotten obvious results in verifying and finding out one batch of composite structure-lithology reservoir through drilling. It indicates that this technology is practical and effective and worth of popularizing.

Key words: structure-lithology reservoir; low-abundance; small fault; thin sand layer; recognition technique

松南盆地经过几十年的勘探,取得了巨大成果,发现了若干个背斜构造和三角洲主砂体匹配而形成的大油田。近 10 年来,勘探已逐渐进入寻找构造—岩性油气藏阶段,这类油藏大都具有大面积叠合连片、低幅度、低丰度、储层薄的特点^[1]。

松辽南部英台地区在 20 世纪 60 年代即发现了英台构造,第一口英 1 井在萨尔图、葡萄花、高台子、扶余油层均见到油气显示。80 年代初通过地震详查,得到了包括基底在内的各地震反射层反射,完成一批钻井,如英 102 井在高台子获日产 21.99m³ 的工业油流,发现了英台油田。2000 年英 143 井在萨尔图、葡萄花、高台子、扶余油层均见到级别不同的油气显示,在青一

段获 4.2m³ 的工业油流,青三段获 92m³/d、气 4.9 × 10⁴m³/d 的高产工业油气流。由此把该区作为勘探开发一体化重点增储上产评价区。

1 研究内容与技术对策

英台地区具有典型的低丰度探区特点,即构造幅度低、断裂规模小并且发育,导致圈闭数量多而面积小,储层以薄互层形式存在,横向变化大,油藏以构造—岩性复合型为主。这些特点首先要求地震资料分辨率高,以满足精细构造解释和薄层预测及岩性识别的要求,其次要有对应的关键技术,以解决低幅度、小断裂、薄互层三大问题。

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司科技攻关项目“综合物探技术攻关项目与勘探目标评价”(No. 010204-01)。

作者简介: 邹才能,男,1963 年 9 月生,1987 年毕业于西南石油学院地质系,现为中国石油勘探开发研究院地质所所长,博士,教授,主要从事石油和天然气地质勘探与研究。E-mail: zcn@petrochina.com.cn

(1) 低幅度 采用真三维地震解释。技术核心是空间层位自动追踪,成图要求应用变速场插值技术。相关技术包括计算机软硬件的发展,特别是三维可视化技术的实现。

(2) 小断裂 采用相干体与地层倾角计算相结合技术。在构造解释中,对断层的解释及其组合是关键一环。现在相干体计算作为对断层的解释工具,已经成为常规手段。国内绝大部分相干计算软件算法都是C1级的,即利用相关法则求和平均,相对计算方法落后,所确定的断裂以大断层为主,对小断层则显得无能为力。采用地层倾角计算解释小断层,因为地震分辨率较高,所以效果好,能够解释出大于7m的断层及其展布方向。

(3) 薄互层 采用多参数岩性反演与储层重构技术。在松辽盆地南部探区目的层主频70~80Hz,并且钻井数较多条件下,薄互层4~5m厚度以上单砂体基本可以识别。

2 主要技术方法的基本原理

2.1 测井曲线的处理与对层

层位标定正确与否将直接影响地震剖面的层位解释和地质分析结果。时域地层波阻抗模型的建立,是通过声波测井的深时转换实现的。由于声波测井的误差,转换后的时域测井时间厚度也有误差,消除这种速度误差的方法是依据合成地震记录与井旁地震道的对比,准确找出二者主要波组的对应关系,选取正确子波,精确标定岩性界面在地震剖面上的反射位置。

从地震记录中提取子波,有2种主要方法,①利用测井资料的井旁地震记录用最小平方求解子波,这是一种确定性方法,在理论上可得到准确的结果,但由于受地震噪声及测井误差的双重影响,实际上存在误差。②由实际多道地震记录经自相关统计估算求得,因这种方法可以准确提取子波振幅谱信息,用这种子波合成的地震记录与实际地震记录频带一致,波组关系对应较好,所以在实际工作中常采用这种方法。在英台地区提取的子波其形态类似于雷克子波,目的层地震主频约75Hz,说明地震分辨率较高。

测井曲线的校正包括测井曲线的环境校正和归一化,由于声波时差曲线受到泥质含量影响,有时反映砂体不够敏感,用于反演分辨率受到限制^[2]。自然电位曲线(SP)经分析能够客观准确地反映砂层的厚度,且反映比较敏感,但各井之间没有统一的基准线,对单井来讲,随深浅的变化,受地层厚度和地层水矿化度影

响,造成基线偏移,因此用SP曲线反演时必须进行统一校正。具体方法是在对所有井完成统计的基础上,计算出一条统一的泥岩基准线,将所有井的自然电位曲线泥岩基面,通过数学运算校正到统一的基准面上,归一化砂、泥岩的数值分布范围。校正处理后的曲线与地层关系、砂体对应关系及测井与地震记录之间关系更为合理,清晰。为防止漏失砂层,校正后的自然电位曲线进一步与伽马曲线(γ)对比,找出漏失砂层,再次校正补充,最终用于反演的曲线既具有较好的可解释性又具有较高的分辨率(图1),具有自然电位和伽马2种曲线特征。

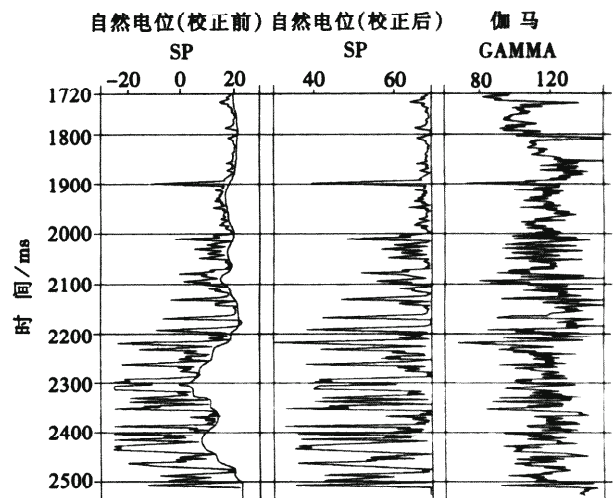


图1 SP曲线泥岩基线归一化

Fig.1 Mudstone baseline normalized about SP curve

2.2 真三维地震层位解释

真三维地震解释就是针对“数据体的解释”,它以地质体或三维研究区块为单元,采用点、线、面相结合的空间可视化解释。真三维地震解释离不开三维可视化技术,层位和断层面的自动追踪技术是全三维解释的基础。主要方法包括自动拾取、层面切片和体元追踪。

20世纪80年代初,解释系统中就出现了自动拾取(也称自动追踪)技术。自动拾取的概念是解释员把“种子点”放在三维工区的纵横测线上,这些点起的作用是控制自动拾取的计算,依据计算在相邻的地震道上寻找相似的特征点,如果在规定的条件下找到了这点就取出来,再计算下一道,简单的自动追踪由解释员规定其追踪的特征、振幅范围大小和自动搜索的控制时窗。在追踪过程中没有找到满足上述条件的点,自动追踪就停止在这一道上。有两类较好的自动追踪拾取准则:一种是特征追踪;另一种是相关追踪。特征追踪是寻求倾角时窗内样点相似结构形态,而在道之间

不作任何相关计算,逐道地追踪定义的波峰、波谷和零交叉点等。基于相关的自动追踪,以“种子点”为中心载体,取一段地震道,使用一组定义在倾角时窗内的时间延迟作为约束条件,将该段地震道作相关,如果找到某一时间延迟内有可以接受的相关质量因子,在这一道上的拾取就固定下来,然后拾取进行到下一道。一般地说,自动追踪路径越复杂,则由“种子点”控制的解释层位越有用^[3]。自动追踪对资料信噪比的变化很敏感,所以追踪时总是假定数据在局部是连续、平滑且一致的。随着人工智能技术的发展,特别是基于神经网络技术的发展,自动追踪分析也开始多样化,沿一个解释层位的时窗数据或两个解释层位之间的数据追踪可以是振幅、反射结构、频率、同相轴连续性、与上下层序边界的关系、层速度和相关性等。

对于透视图和三维可视化来说,体元追踪技术是最好的,这种技术是随着三维可视化的实现而产生的。从解释人员拾取的“种子”控制点开始,通过数据来追踪“同相轴”或者特征。体元追踪算法多数情况下比相关自动拾取方法对低信噪比资料反应更敏感。对有较高信噪比的反射,体元追踪一般是效率最高的层位拾取方法。

层面切片技术主要是对数据时间切片上的部分层位进行局部的解释和可视化。层面切片上的一条反射位置直接代表该反射面的走向。当选择水平切片上的一条反射时,它直接代表某一层位上的一个时间或深度等值线。与自动追踪相比,层面切片对不连续性和低信噪比资料不太敏感,因为它不完全是自动技术,解释人员可以随时对它调整、控制。

任何一种解释是几种技术的某种组合,这些技术一般都会在层位变化复杂处留下一些“空洞”或未拾取的道,填充空洞或未解释的道要靠内插甚至手工来完成。

2.3 相干体与地层倾角计算

一般断面没有反射同相轴,这是以层位的不连续性或无资料区为特征,这些不连续性或无资料的区域追踪是最困难的。在三维解释系统中以某种方式对数据体中的不连续性进行追踪,如相干体技术,有的需要以初始解释结果作为被追踪断面的种子拾取点。有的需要预先处理来创建突出不连续性的数据体,如面反射体压缩方法,差异法、微商法和多属性分析法等。

相干体计算技术应用和发展非常迅速,算法已由 C_1 发展到 C_3 。在解释中该技术主要用于解决断层和它的组合问题,在一些地区也用于沉积地层、特殊岩性体识别和油藏研究。一般情况下,现在所作的相干都

是基于振幅的计算,利用多道相似性将三维振幅数据体经计算转化为相关系数数据体,在显示上通过强调不相关异常,突出不连续性。它的前提假设是地层连续的,地震波有变化也是渐变的,因此相邻道、线之间是相似的。当地层连续性遭到如断层、尖灭、侵入、变形等破坏时,导致地震波发生变化,表现边缘相似性的突变,通过作图辨别出与断裂构造、沉积地层、地层物性甚至流体变化等有关的地质目标,再结合钻测井资料给出正确合理的解释^[4]。

从原理上分析,根据所给数据体的道数、倾角大小和计算选择时窗大小,用下式计算出相关系数。

$$R(t, \Phi_{\max}) = \frac{\sum_{L=t-(N/2)}^{L=t+(N/2)} T_L T_L^T + \Phi_{\max}}{\sum_{L=t-(N/2)}^{L=t+(N/2)} T_L^2 T_L^2 + \Phi_{\max}}$$

式中 R 为相干系数,为地震道时间和两地震道倾角函数; t 为时间; Φ 为倾角; N 为时窗长度; L 为时间采样点; T_L 为 L 时间值的地震道数据对; T_L^T 为 T_L 的转置。倾向受方位的影响不容易给定,计算时主要确定数据体的相干数据和相干时窗。

一般参与相干计算的道数越多,平均效应越大,对断层的分辨率越低,这时突出的主要是大断层。相反,相干道数少,平均效应小,就会提高分辨率,突出小断层,但分辨的准确性降低。所以在计算地震相干性时要根据研究地质目的的不同来选择参与计算的相干道数。应用时选择不同的相干体计算方向,除突出主构造方向的断层分布外,还要用不同方向的计算突出各个不同方向可能的断层及相互关系。

C_3 算法考虑到整个数据体的反射层倾向和方位角,使得对某一方向的断层显示更清楚。特别是在垂直方向上采用非零均值互相关算法,减少了上覆或下伏地层特征的混淆,大大提高了垂向分辨率。

2.4 多参数岩性地震反演

多参数岩性反演的主要流程包括地质模型建立、主组分分析、模型估算技术。各部分的主要技术原理如下:

地质模型建立分为模型建造和模型生成两部分。模型建造产生所有的参数(地层框架、垂直曲线组分和内插权),以供产生三维完整属性模型用。模型生成从这些参数模型出发,将所选择的测井曲线内插,产生所有道都包括内插测井曲线组分的三维属性模型体。

$$V_c = \sum W_n V_{cn}$$

其中 V_c 表示垂直组分; $\sum W_n$ 为垂直组分的权; V_{cn}

为各垂直组分量。

主组分分析主要内容包括奇异值分解、特征值分解、解一组线性方程、产生标准正交基。

奇异值分解技术可用矩阵方程表示。在地下三维模型中的任何道可表示为

$$T = WP_{m \times n} \quad (1)$$

式中 T 为模型; W 为一个地震道的垂直组分的权; $P_{m \times n}$ 为一个地震道的垂直组分。

以上的 $P_{m \times n}$ 垂直组分矩阵可以通过奇异值分解技术分解为:

$$P_{m \times n} = U\Delta V \quad (2)$$

式中 U 为 $m \times m$ 阶方阵; V 为 $n \times n$ 阶方阵; Δ 是包含奇异值分解的解特征值的对角阵。

把式(2)代入式(1)

$$T = WU\Delta V \quad (3)$$

上式可重写为

$$T = W'P' \quad (4)$$

其中

$$P' = \Delta V \quad (5)$$

$$W' = WU \quad (6)$$

P' 和 W' 分别是主组分和主组分的权。

另一种描述主组分分析过程的方法是把模型看成是权矢量的组合。这些矢量是测井曲线垂直组分。PCA 将这些原始矢量分解成一组独立的矢量,形成一标准正交基,它们占据相同的解空间。

多属性模型约束反演技术中 PCA 算法在实际奇异值分解前执行一额外的步骤。在这一步里产生一条合成曲线,同一层的所有垂直组分被组合在一起,形成一个单独矢量(图 2)。

模型估算主要是修改初始模型以匹配地震数据。

声波时差 密度 孔隙度 伽玛 电阻率 有效厚度 井旁道



图 2 形成一条假想的合成曲线

Fig. 2 Visualized top surface construction of YaoJia and Quantou group

初始模型是由模型参数即主组分和主组分的权来确定的。模型估算中涉及的其他参数有:层厚度、解释层位的时间、道均衡因子、子波起始时间。所有这些参数都是受约束的,以使反演过程不偏离初始值太远。这种约束被称作软约束,意味着模型参数具有高斯分布特征。高斯分布的均值是模型参数的初始值,高斯分布的标准方差是初始模型的不确定性。除了这些整体约束外,还可以设定平滑或道一道约束。整体约束可以保证模型落在具有合理地质意义的范围内,平滑约束可以压制噪声。模型估算算法将通过在定义的约束范围内,改变初始模型参数,寻找最优化的解以减少地震数据和初始模型的不匹配^[5]。

3 主要技术应用效果

3.1 真三维解释

三维可视化解释是针对数据体的解释,无论是构造解释还是地质体的解释,基于可视化的三维数据体解释其方法更科学、解释更高效、结果更可靠。

图 3 为英台地区姚家组和泉头组顶面可视化,对比可以看出,构造具有继承性,整体构造格局特点是西高东低、南高北低。泉头组断层以近南北向为主,东西向或近东西向断层极少。姚家组则是南北向与东西向断层都发育,在其交错部位易形成圈闭,该部位刚好是英台油田。同时从图 3 看出,构造解释结果没有空洞,可以成为寻找低幅度构造的基础资料。

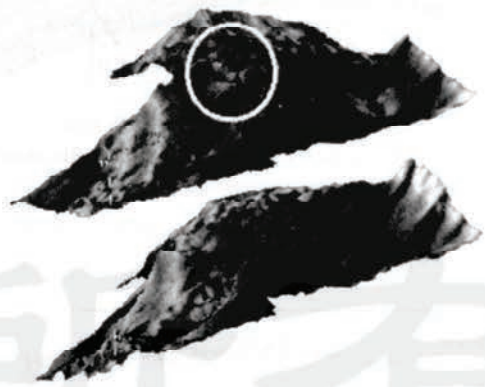


图 3 姚家组和泉头组顶面构造可视化

Fig. 3 Visualized top surface construction of YaoJia and Quantou group

以主力产油层位姚家组构造为例,以往解释构造圈闭 14 个,面积 16.5km²,真三维解释新发现构造 14 个,面积为 24.1km²。可见真三维解释在低幅度圈闭落实方面发挥了巨大作用。

3.2 相干体与地层倾角计算

相干体与地层倾角计算在英台地区应用,清晰地反映出各级断层分布范围,以泉头组顶界为例,断层主要呈南北向展布,数目多达60多条。说明相干体断层检测方法对该区地震数据解决断裂分布是有效果的。对于姚家组地层,相干算法对砂泥薄互层中的小断层反映不明显,加之断层有两组方向,效果受到影响。采用地层倾角检测对那些多方向发育断层进行控制计算,对由于岩性或物性导致的地震波形微小变化(振幅、相位、频率)反应,在人为控制下显示出来。应用相干及地层倾角检测两种方法结合,对断距大于8m的断层及其展布方向十分有效。其结果是随断层数量的增多圈闭数量也随之增多。

3.3 多参数岩性反演

应用该方法反演的连井地震剖面表明,自然电位反演精度是高的。图4表明,整体看出物源方向来自西南侧,砂体横向变化在高台子上部变化剧烈,高台子组和扶余砂组相对变化不大,东侧尖灭点清楚。对单砂体而言,10m左右厚砂体清晰,解释没有任何问题;5m左右厚砂体比较清楚,连续性符合沉积相规律,可以解释,但横向追踪困难。

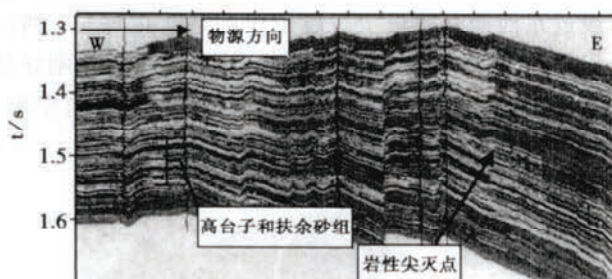


图4 自然电位参数连井反演剖面

Fig.4 Inversion section across the wells about natural potential parameter

图5是同一连井伽马曲线约束反演剖面,可看出它的分辨率要高于自然电位反演剖面,砂体纵、横向

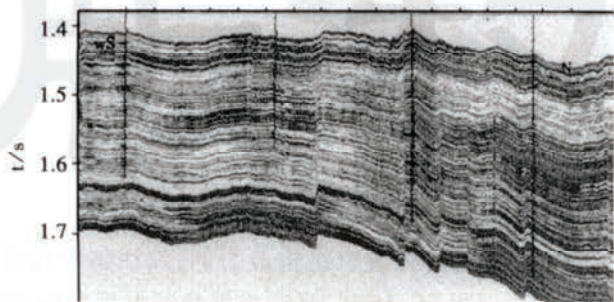


图5 伽马参数连井反演剖面

Fig.5 Inversion section across the wells about Gamma parameter

变化反映更加细腻,内部结构刻画更加清楚,用这样的剖面解释砂体变化要比自然电位反演剖面分辨率高,但必须用自动追踪和砂体门槛控制方法^[6]计算砂体厚度才能求准砂层厚度,否则靠人工解释相当困难。

3.4 综合圈闭评价

综合构造、断裂、砂体分布、孔隙分布、地震属性特征,特别是已知井的钻遇情况,对目的层段内按砂组和主力砂层进行圈闭评价。

吉林英台地区自姚家组到泉头组地层中存在多套产油储层,主要分为萨尔图、高台子和扶余3个油层组。经研究预测发现构造类圈闭138个,叠合总面积为98.055km²。其中新发现圈闭59个,面积为29.1km²。岩性圈闭为33km²,主要存在于萨尔图层系中。该地区受区域张应力的影响,工区内主要发育近南北向展布的正断层,同时,因剪切力作用,还发育一组近东西向的正断层。两组断层的断面都较陡,由深向浅,断层表现有分期性,数量逐渐减少。

构造形态上,表现为西高东低大斜坡的地质背景,发育有局部构造高部位,依附于反向正断层上升盘一侧,多形成有利于油气聚集的断块、断鼻构造圈闭。

物源方向主要来自西部和西北方向,储层发育,砂体厚度总体较大,横向连通性较好。砂体西部发育,向东逐渐减薄。

研究区生、储、盖、运配置关系良好,具有增储上产的有利条件。本区的主要油层集中分布在萨尔图、高台子和扶余油层组内。

从构造和岩性分析看,该区具有连片成藏特征,潜力大。与岩性的配置将使可开发面积增大,连片成藏特点更加明显。构造的形成受断层控制,区内高台子和扶余油藏以构造圈闭为主,萨尔图油层以岩性—构造为主。部署的Y160井、F70井和Y152井均见到工业油流,证明了技术的有效性和实用性。

4 结论

通过几年实际生产中的应用,总结出现阶段实用的8项技术,即:①地震数据体品质评价技术;②测井曲线处理与多井对层技术;③真三维可视化解释技术;④精细断裂检测组合技术;⑤地震相与地震属性分析技术;⑥高分辨率地震岩性反演技术;⑦含烃地震检测技术;⑧圈闭综合评价技术。

根据效果分析,认为真三维地震解释技术对于解决低幅度构造、相干体和地层倾角断层检测组合技术对于解决小断层的识别,多参数岩性反演技术结合地

(下转第43页)

(4) 有利于天然气的成藏条件有:“广覆型”分布的煤系烃源岩生气规模巨大,天然气大量生成和运移时期的流体动力充足,天然气既可发生一定规模的运移并于远处富集,也可就近成藏,裂缝对于储层物性和天然气富集程度的提高具有重要的意义。

(5) 在上述流体动力背景下,天然气的成藏具有明显的阶段性:侏罗纪的缓慢成藏阶段,白垩纪的快速成藏阶段,第三纪—第四纪的缓慢调整阶段。天然气的成藏模式可概括为:常规储层条件下的岩性和构造气藏、致密砂岩气藏,造成上石盒子组-石千峰组天然气聚集的主要原因可能与天然气“烟囱式”运移成藏有关。

致谢 本文的研究工作得到中国石油长庆油田分公司的大力支持,长庆油田分公司研究院范正平、侯云东等给予了直接帮助,西北大学地质学系高胜利、施立志等参与了基础资料的收集和整理,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 杨俊杰,李克勤,张东生,等.长庆油田,中国石油地质志(卷十二)[M].北京:石油工业出版社,1992:62-78.
- [2] 康永尚,王捷.流体动力系统与油气成藏作用[J].石油学报,1999,20(1):30-33.
- [3] 王震亮.改造型盆地流体动力学的发育特点[J].石油与天然气地质,2000,21(1):24-27.
- [4] 罗晓容.油气初次运移的动力学背景与条件[J].石油学报,2001,22(6):24-29.
- [5] Nunn J A, Meulbroek P. Kilometer-scale upward migration of hydrocarbons in geopressed sediments by buoyancy-driven propagation of methane-filled fractures [J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(5): 907-918.
- [6] 王震亮.盆地流体动力学及油气运移研究进展[J].石油实验地质,2002,24(2):99-103.
- [7] Belitz K, Bredehoeft J D. Hydrodynamics of Denver basin: explanation of subnormal fluid pressures [J]. AAPG Bulletin, 1988, 72(11): 1334-1359.
- [8] 楼章华,高瑞祺,蔡希源,等.流体动力场演化与地层流体低压成因[J].石油学报,1999,20(6):27-31.
- [9] 马新华,王涛,庞雄奇,等.深盆气藏的压力特征及成因机理[J].石油学报,2002,23(5):23-27.
- [10] 夏新宇,宋岩.沉降及抬升过程中温度对流体压力的影响[J].石油勘探与开发,2001,28(3):8-11.
- [11] Dickey P A, Cox W C. Oil and gas reservoirs with subnormal pressures [J]. AAPG Bulletin, 1977, 61(12): 2134-2142.
- [12] 刘斌.利用流体包裹体及其主矿物共生平衡的热力学方程计算形成温度和压力[J].中国科学(B辑),1987,17(3):303-310.
- [13] 刘斌,沈昆.流体包裹体热力学[M].北京:地质出版社,1999:119-140.
- [14] 陈荷立,罗晓容.砂泥岩中异常高流体压力的定量计算及其地质应用[J].地质论评,1988,34(1):54-63.
- [15] 陈荷立,王震亮.陕甘宁盆地西部泥岩压实研究[J].石油与天然气地质,1992,13(3):263-271.
- [16] 王震亮,陈荷立,王飞燕,等.鄂尔多斯盆地中部上古生界天然气运移特征分析[J].石油勘探与开发,1998,25(6):1-4.
- [17] 王震亮,罗晓容,陈荷立.沉积盆地地下古水动力场恢复[J].西北大学学报(自然科学版),1997,27(2):155-159.
- [18] 杨华,席胜利,刘新社,等.鄂尔多斯盆地上古生界天然气生成及运聚特征[A].见:傅诚德,等.深盆地研究[C].北京:石油工业出版社,2001:88-103.
- [19] 李振铎.鄂尔多斯盆地深盆地研究与实践[A].见:傅诚德,等.深盆地研究[C].北京:石油工业出版社,2001:21-44.
- [20] 范正平,侯云东,贾亚妮,等.鄂尔多斯盆地长庆气田上古生界碎屑岩成岩作用及孔隙演化[A].见:宋岩,等.天然气地质研究[C].北京:石油工业出版社,2000:57-65.
- [21] 王震亮,陈荷立.试论古水动力演化的旋回性与油气的多期次运聚[J].沉积学报,2002,20(2):339-344.

(收稿日期 2003-02-29 改回日期 2003-06-30 编辑 张占峰)

(上接第36页)

震相分析对于解决砂体分布效果好,是适合松辽南部岩性—构造油气藏的关键技术。同样也可在松辽北部等其他类似探区推广应用。

参 考 文 献

- [1] 袁选俊,薛良清,池英柳,等.坳陷型湖盆层序地层与隐蔽油气藏勘探——以松辽盆地为例[J].石油学报,2003,23(3):11-15.
- [2] 陈遵德,朱广生.地震储层预测方法研究进展[J].地球物理学进展,1997,12(4):77-84.
- [3] 江文荣,颜慰信,赵志刚,等.全三维地震解释方法在西湖凹陷HY71油气藏评价中的应用[J].中国海上油气(地质),2002,16(3):208-210.
- [4] 李玲.用地震相干数据体进行断层自动解释[J].石油地球物理勘探,1998,33(增刊):107-110.
- [5] 李庆中.走向精确勘探的道路[M].北京:石油工业出版社,1994:126-129.
- [6] 赵政璋.储层预测技术及应用实例[M].北京:石油工业出版社,2000:25-43.

(收稿日期 2004-03-15 改回日期 2004-04-13 编辑 张怡)