

准格尔盆地永进地区超深薄层预测关键技术

Key technology of ultra deep thin

layer prediction in Yongjin area of Jungar Basin

彭存仓 (胜利油田分公司, 山东 东营 257000)

Peng Cuncang (Shengli Oilfield Branch, Shandong Dongying 257000)

摘要: 永进地区位于新疆省昌吉回族自治州北五岔镇, 构造主体位于准噶尔盆地腹部, 昌吉凹陷北部斜坡带上, 区内构造相对简单、储层埋藏大、断裂系统较发育, 其主要含油层系为侏罗系西山窑组, 为辫状河三角洲平原、辫状河三角洲前缘以及滨浅湖相沉积, 单层沉积厚度较薄, 一般 4-7m, 单层厚度最大 8m, 主要呈现典型正粒序水下分流河道特点。由于储层厚度较薄, 埋藏较深, 钻井资料较少, 描述储层存在以下几方面困难: ①井身结构复杂, 井筒扩径严重, 测井曲线校正难度大; ②缺少横波测井资料, 增加了岩石物理基础分析的难度; ③储层地球物理响应特征不明显, 造成利用反演成果描述储层多解性等。针对上述困难, 研究分析技术对策, 提炼出解决储层预测的关键节点, 如基于神经网络的井径校正方法对纵波速度进行校正、标准化等预处理, 优化地震资料处理入手; 精确角道集转换和分角度叠加处理, 提高地震分辨率和信噪比, 同时确保叠前地震数据保持正确的振幅信息; 通过横波速度估算以及岩石物理分析工作, 进一步明确储层敏感属性和参数, 奠定储层反演及描述的岩石物理基础; 开展测井速度联合地震偏移速度建立约束模型的技术, 开展叠前叠后地震反演技术攻关, 提高储层识别精度, 有效降低储层预测多解性。

关键词: 准噶尔盆地; 超深薄层; 储层预测

Abstract: Yongjin area is located in beiwucha Town, Changji Hui Autonomous Prefecture, Xinjiang province. The main structure is located in the abdomen of Junggar Basin and on the northern slope of Changji sag. The structure in the area is relatively simple, the reservoir is buried greatly and the fault system is relatively developed. Its main oil-bearing series is Jurassic Xishanyao Formation, which is braided river delta plain, braided river delta front and shore shallow lake facies, The sedimentary thickness of single layer is relatively thin, generally 4-7m, and the maximum thickness of single layer is 8m, mainly showing the characteristics of typical normal grain sequence underwater distributary channel. Due to the thin reservoir thickness, deep burial and less drilling data, it is difficult to describe the reservoir in the following aspects: ① complex wellbore structure, serious wellbore expansion and great difficulty in logging curve correction; ② The lack of S-wave logging data increases the difficulty of basic petrophysical analysis; ③ The reservoir geophysical response characteristics are not obvious, resulting in the use of inversion results to describe the reservoir multi solution. In view of the above difficulties, the technical countermeasures are studied and analyzed to extract the key nodes to solve the reservoir prediction, such as the well diameter correction method based on neural network, the P-wave velocity is corrected and standardized, and the seismic data processing is optimized; Accurate angle gather conversion and sub angle stack processing can improve seismic resolution and signal-to-noise ratio, and ensure correct amplitude information of prestack seismic data; Through S-wave velocity estimation and petrophysical analysis, the sensitive attributes and parameters of the reservoir are further clarified, and the petrophysical basis of reservoir inversion and description is laid; Carry out the technology of establishing constraint model by combining logging velocity with seismic migration velocity, and carry out pre stack and post stack seismic inversion technology to improve the accuracy of reservoir identification and effectively reduce the multi solution of reservoir prediction.

Key words: Junggar basin; Ultra deep thin layer; Reservoir prediction

1 叠前角道集优化处理

叠前高精度反演采用的地震资料多为叠前分角度叠加资料^[1], 一般的 CDP 或 CRP 地震数据是偏移距的函数, 也就是 AVO 道集。在做叠前 AVA 反演时需要将其转换成入射角的函数。虽然偏移距和角度大体相似, 但

它们之间存在非线性关系, 这在处理和分析时要加以注意。振幅随角度的变化称为 AVA 而不是 AVO, 相同偏移距的地震记录 (CDP 或 CRP 道集) 对应于从浅到深变化的不同入射角, 对于相同入射角的地震记录 (AVA 道集) 对应于从近到远变化的不同偏移距。在具体做转

换时，要考虑各种因素，真正做到振幅恢复，不损失信息，这是保证反演精度的至关重要的一步。

图1为CRP道集与转换后的角道集资料，对比分析，转换以后的角道集资料较CRP道集资料的信噪比有明显提高。根据转换的角道集资料分析，标志层同相轴较平，可以用于叠前反演。角叠加又称为分角度叠加，能够减少计算量，同时还起到进一步压制噪音的作用。

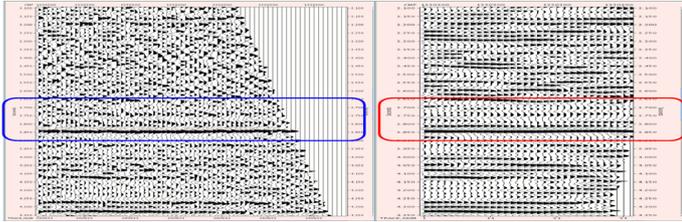


图1 CRP道集资料与角道集资料

角度叠加划分主要按照以下原则：

①最大角度对应偏移距不能超出最大偏移距；②保证目的层有最高照度；③在保证足够覆盖次数和信噪比的基础上，尽可能多划分几个角度范围。根据数据体的具体情况，可以将每个角度道集中所对应的小角度的道抽出来叠加，称为小角度叠加剖面，相应地把每个角度道集中所对应的大角度道抽出来叠加形成大角度叠加剖面，还可以将中间角度范围的道叠加形成中角度叠加剖面。在大角度位置，轴略微上翘，信噪比有所降低。基于分角度叠加的原则，根据目的层角道集特点，优选角度进行分角度叠加。

2 测井曲线标准化

任何测井曲线都可以被看作是一种岩石性质信号、随机噪音以及系统误差的总和，测井曲线标准化就是为了消除仪器刻度、系统误差。针对本工区目的层段测井资料在部分泥岩段普遍存在的井径扩径问题，分析认为这些扩径段测井速度受到了明显的影响，有必要开展针对井径扩径问题的环境校正工作。本次针对声波时差曲线开展了曲线标准化工作（图2），从图中可以看到扩径校正后，测井标定波组能量对应关系更好，相关系数更高。

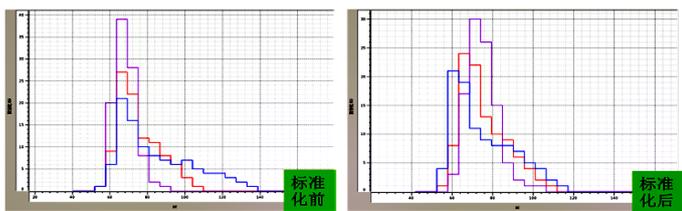


图2 声波时差曲线标准化前后对比

3 岩石物理横波估算

横波计算是在实测横波资料缺失情况下，依靠岩石物理理论模型求取横波速度曲线的一种数学方法。横波速度是重要的岩石物理信息，是叠前地震弹性反演和

AVO属性分析的岩石物理基础。由于横波资料缺乏，需要利用已知的信息对横波速度进行估算，常用的横波速度估算方法可以分为两大类：经验公式法和岩石物理理论模型法。岩石物理理论模型法是基于饱和流体状态条件下的理论方程，通过正反演相结合，利用已知矿物成分和含量、孔隙度、流体成分和饱和度、实测纵波速度等岩石物理信息计算岩石横波速度，其整个计算过程如下：

①基于固体模型，如V-R-H模型或者H-S模型，利用已知的矿物成分和含量计算岩石矿物的有效弹性模量；基于混和流体模型，如Wood模型，利用已知的流体成分和饱和度计算孔隙流体的有效弹性模量；②根据经验公式，利用实际测试的纵波速度计算横波速度；③利用固体矿物有效弹性模量、流体有效弹性模量、孔隙度等参数，通过岩石物理理论模型的反演，计算岩石骨架的弹性模量；④通过岩石物理理论模型的正演模拟，计算原状流体条件下岩石的纵横波速度；⑤对计算和实际测试的纵波速度进行误差分析，如果误差在允许范围之内，则计算得到的横波速度可认为是该饱和流体岩石的横波速度，如果误差较大，则利用实际纵波速度、计算得到的横波速度作为已知参数，返回到步骤③，再反演计算岩石的骨架弹性模量，通过多次循环迭代，对横波速度进行优化。本质上，岩石物理理论模型法横波速度的估算是经验公式法计算的完善，是个最优解，图3为开展岩石物理横波速度估算的技术流程。

通过实测横波速度资料的计算和调整，建立该工区岩石骨架参数，然后对工区内部分井进行横波速度估算。从监控数据实测纵波速度的对比结果中可以看出，估算纵波速度与实测纵波速度数据吻合较好，说明岩石物理模型和横波估算结果准确可靠。

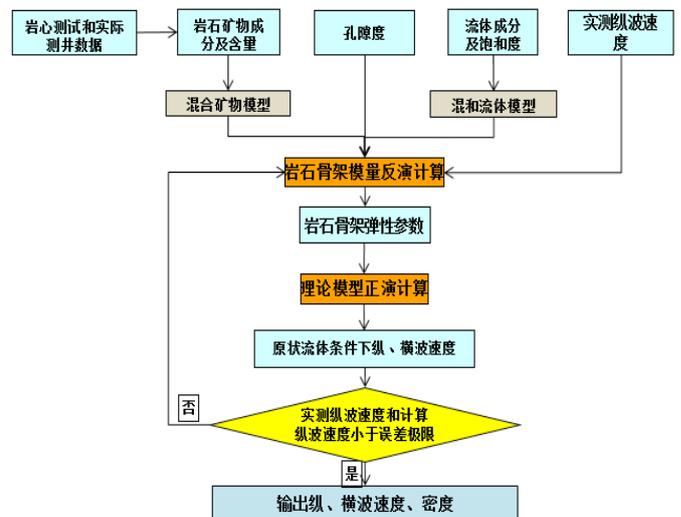


图3 岩石物理横波速度估算的技术流程

通过岩石物理横波速度估算获得横波速度后，就能开展多井纵横波速度、泊松比、弹性模量、剪切模量等

叠前弹性参数的计算,获得井上的其他岩石物理弹性参数,开展单井单参数分析及多参数交汇图分析确定储层敏感参数,选择对储层反应敏感的参数。

4 岩石物理敏感参数分析

岩石物理参数包括纵横波速度、密度、纵横波阻抗、纵横波速度比、杨氏模量、体积模量、剪切模量、拉梅常数和泊松比等。

- ①杨氏模量 E : 指法向应力与沿应力作用方向引起的伸长量之比;
- ②剪切模量 μ : 是指弹性体受到剪切力作用时,剪切应力与剪切应变的比值;
- ③体积模量(刚性模量) k : 指当弹性体受均匀静压力作用时,所加压力与体积形变的比值;
- ④泊松比 σ : 指弹性体受单轴拉伸应力作用时,弹性体横向压缩应变与纵向伸长应变的比值;
- ⑤ $\text{Lambda} \cdot \text{Rho}$ ($\lambda \cdot \rho$) 反映流体的变化;
- ⑥ $\text{Mu} \cdot \text{Rho}$ ($\mu \cdot \rho$) 反映岩性的变化。

弹性参数的计算主要依据测井资料纵横波速度及密度计算得到。杨氏模量、体积模量、剪切模量、拉梅常数等弹性参数的计算公式如下:

杨氏模量:

$$E = \frac{\rho V_s^2 (3V_p^2 - 4V_s^2)}{V_p^2 - V_s^2}$$

体积模量:

$$K = \rho \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

剪切模量:

$$\mu = \rho V_s^2$$

拉梅常数:

$$\lambda = \rho (V_p^2 - 2V_s^2)$$

泊松比:

$$\sigma = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)}$$

$\text{Lambda} \cdot \text{Rho}$:

$$\lambda \cdot \rho = \rho (V_p^2 - 2V_s^2)$$

利用横波速度信息,计算出储层的多种弹性参数,如纵横波速度比、泊松比、 $\text{Lambda} \cdot \text{Rho}$ 、 $\text{Mu} \cdot \text{Rho}$ 等。西山窑组岩性主要为砂泥岩地层。运用校正后曲线对储层、流体进行了单参数分析和多参数交汇分析。

5 三维模型分析

反演初始约束模型是地震反演^[2]利用先验构造、沉积信息的基础。建立一个充分反映地下构造、沉积特征的准确初始模型是影响反演处理的关键技术环节。断层对储层和成藏具有明显的控制作用。从模型起到的作用来看,一个合适的模型应该具有以下两项重要特点:

- ①准确的构造框架;
- ②合理的地质参数分布,这两点是实现相控反演的关键。

在精细的层位、断层解释的基础上,利用模型建立

技术分析层位之间关系(如图4),建立更加合理准确的反演约束模型。模型建立过程中针对工区西山窑组地层削蚀沉积特点,选用平行底的模型内插技术进行建模,使构造模型更加符合地质特征。

针对工区资料特点对稀疏脉冲反演过程中的 λ 、子波、频带补偿、趋势约束、采样率、色标等多个参数进行了试验调试和选择。通过试验对比,选择了合适的反演参数,在保持地震特征基础上实现地震带限资料的频带信息补偿,合理提高分辨率,获得宽频带符合地质变化规律的反演结果。

其中参数 λ 控制反演脉冲的稀疏程度, λ 值选取合适,则合成记录与实际地震数据之间的匹配性好。其选择是通过 λ 的QC分析得到的,一般选择在误差变化趋于平稳、信噪比高的位置。

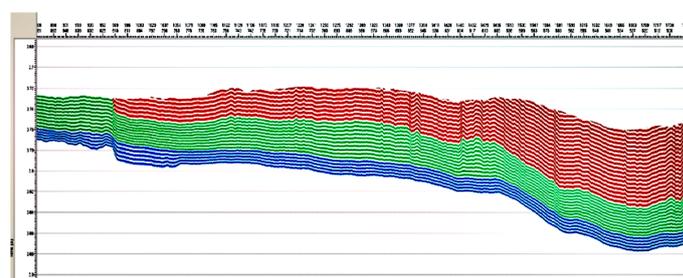


图4 构造模型剖面

6 结论及认识

通过以上对永进地区储层反演以及反演结果的整体效果分析,取得以下结论与认识:

- ①该区储层预测面临工区面积大、井少、断裂系统复杂、沉积类型多、储层薄、地震分辨能力有限等诸多困难,项目组扎实开展了地震目标优化处理、测井标准化处理、多井井震标定、断裂系统精细分析及合理模型建立、岩石物理分析、叠前反演技术综合应用等多项关键处理技术完成了该区储层反演;
- ②通过开展叠前叠后地震反演得到了纵波阻抗、纵波速度、纵横波速度比、岩性概率反演数据等多套针对性的反演成果,反演成果相对地震资料分辨率得到提高,目的层层间信息更加丰富,砂组更易追踪识别,地层接触关系更加清楚,储层横向变化特征及尖灭点反映清楚;
- ③井中验证分析表明反演结果能够反映井上钻遇储层,砂组预测吻合率在83.8%以上,对储层的识别能力大幅提高;
- ④开展了反演成果的初步分析及应用,地层剥蚀特征清楚,储层预测吻合率高,对该区下一步勘探提供很好的技术支持。

参考文献:

- [1] 孟宪军,刘福平.地震反射系数的相角变化[J].石油地球物理勘探,2010,45(1):121-124.
- [2] 王振涛,王玉梅,钮学民.贝叶斯判别方法在叠前反演数据解释中的应用[J].海洋地质前沿,2012,28(3):67-72.