

文章编号: 1671-8585(2009)02-0119-03

多属性融合技术研究

赵 虎, 尹 成, 朱仕军

(西南石油大学资源与环境学院, 四川成都 610500)

摘要:目前, 在地震属性储层预测研究中, 很多方法都局限于使用单一属性预测储层, 这样给储层预测带来多解性, 这种多解性问题可以通过多属性融合技术加以改善。在测井资料的基础上, 研究地震属性特征, 分析各属性对储层的敏感性, 应用多属性融合技术将几种属性融合于一体, 再利用井位计算出各种地震属性的融合比重, 预测有利储层的发育位置。该思路有机地结合了各属性的优点, 实际资料的应用显示, 将其应用于储层预测取得了良好的效果。

关键词:储层预测; 融合技术; 地震属性; 多属性

中图分类号: P631.445

文献标识码: A

地下任何地质体及其性质的变化都将引起地震属性的变化, 因此, 利用地震属性来研究地下储层的物性有很大的前景^[1,2]。地震属性从早先的振幅属性发展到现在常用的就有几十种, 这些地震属性反映了地下的地质条件^[3], 但每一种地震属性都只对某些地质特征敏感, 如: 反射强度反映了砂岩厚度情况, 相对波阻抗反映储层的含气情况, 因此利用单一地震属性来预测储层会产生多解性^[4]。针对这一情况, 本文在结合井资料的基础上, 提出了一种新的地震属性融合技术——多属性融合技术, 对其实现过程和关键技术进行了详细的分析, 并在实际应用中取得了一些成果^[5]。

1 属性融合技术

1.1 方法思路

属性融合方法是为解决单一属性预测储层的多解性问题而提出来的。融合技术就是将多种属性在一定的数学运算的基础上, 同时考虑每一种属性对储层的影响因素, 结合这些因素, 最终得出最优的结果。融合技术对地震属性信噪比的要求较高。首先, 在众多地震属性中进行筛选, 结合测井资料选择对储层比较敏感的属性。选取的原则是: 分析地震属性, 选出对储层最敏感的一些属性, 且同一类型的地震属性只选其中效果最好的一种; 一般选择 4~6 种属性进行融合, 同时还要保证有 1~2 种属性用于验证。其次, 不同地震属性具有不同的特性和变化范围, 所以地震属性融合前要进行地震属性优化及地震属性的相关性分析。本文提出利用井资料, 进行地震属性相关性分析。最后, 进行地震属性的选择归一化, 因为不同的属性有不同

量纲, 不同的预测阈值, 不能直接进行融合。所谓选择归一化, 就是要对属性进行统计分析, 根据统计结果给定归一化的范围^[6]。

1.2 关键技术

地震属性融合目前研究很多, 有人利用 RGB 方法进行融合, 还有人利用神经网络方法进行融合, 这些方法各有优缺点及其适用范围。本文提出的多属性融合技术, 包括井属性提取和融合系数技术。井属性提取技术就是以井点为中心, 在某一长度为半径的正方形范围内(半径不能选得太大), 读取地震属性值, 将这些值加权平均后得到该井位的加权属性值^[7]。

$$\bar{V} = \frac{1}{(2r+1)^2} \sum_{i=1-r}^{r-1} V_{x+i, y+i} \quad (1)$$

式中: r 为取值半径, 以 CDP 间距为单位; $V_{x,y}$ 为井位处属性值。

同时求出参与融合的每一口井每一种属性的加权属性值。如: 对于属性 1, 所有井的加权属性值 $(\bar{V}_1, \bar{V}_2, \dots, \bar{V}_i)$, 一共有 m 口井) 阈值 \bar{V} 为

$$\bar{V} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{V}_i \quad (2)$$

以这一阈值为标准, 高于该值即认为是储层发育较少, 目前使用最多的方法是加权平均法。可应用同样的方法求出参与融合的其他属性的阈值。

如果地震资料信噪比很理想, 那么 \bar{V}_i/\bar{V} 应为 1, 而实际上地震资料的信噪比并非如此理想, 所以

收稿日期: 2008-12-28; 改回日期: 2009-03-08。

第一作者简介: 赵虎(1983—), 男, 助教, 硕士, 主要从事储层预测及地震采集方法和优化设计研究。

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(编号: 2006AA09A102-14)资助。

对于所有井, \bar{V}_i/\bar{V} 应在 1 的附近, 所以单一属性的能量误差为

$$q = \sum_{i=1}^m |1 - \bar{V}_i/\bar{V}| \quad (3)$$

式中: \bar{V}_i 为第 i 口井的加权属性值; \bar{V} 为属性的门槛值(标准)。

在属性融合的时候, 这些误差会带进最终的成果数据, 因此, 必须选择一组加权系数使这些能量误差最小。设定每种属性的 \bar{V}_i/\bar{V} 为 1, 几种属性加权时, 只有一组加权系数使它们加权误差能量为最小, 最接近理想状态, 所以选择能量误差最小的这组加权系数, 以 4 种属性, n 口井为例, 总误差能量为

$$E = k_1 \sum_{i=1}^n |1 - \bar{V}_i/\bar{V}| + k_2 \sum_{i=1}^n |1 - \bar{J}_i/\bar{J}| + k_3 \sum_{i=1}^n |1 - \bar{W}_i/\bar{W}| + k_4 \sum_{i=1}^n |1 - \bar{L}_i/\bar{L}| \quad (4)$$

式中: k_1, k_2, k_3, k_4 为加权系数; $\bar{V}_i, \bar{J}_i, \bar{W}_i, \bar{L}_i$ 为第 i 口井的加权属性值; $\bar{V}, \bar{J}, \bar{W}, \bar{L}$ 为属性的门槛值(标准)。且加权系数必须满足以下条件

$$k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 1 \quad (5)$$

$$0.1 \leq k_1, k_2, k_3, k_4 \leq 0.35 \quad (6)$$

为了实现快速计算, 式(4)可以用下式代替

$$E = \sum_{i=1}^n |1 - k_1 \bar{V}_i/\bar{V} - k_2 \bar{J}_i/\bar{J} - k_3 \bar{W}_i/\bar{W} - k_4 \bar{L}_i/\bar{L}| \quad (7)$$

系数不同会导致误差能量值的不同, 计算出多个误差能量值, 能量误差最小时对应的那组系数为最好系数组合, 最小误差能量为

$$E_{\min} = \min\{E_1, E_2, E_3, \dots\} \quad (8)$$

当 E_{\min} 最小时, 所对应的这组系数为最佳的加权系数, 利用该系数即可与选择归一化的属性数据进行属性融合, 融合公式为

$$R_{i,j} = \sum_{m=1}^n k_m A_{m,i,j} \quad (9)$$

式中: k_m 为第 m 个属性的融合系数; $A_{m,i,j}$ 为第 m 个属性第 i 线号第 j 个 CDP 点的选择归一化属性值。

2 实际应用

为验证上述融合方法的实用性, 选择了一低孔低渗地区的资料进行储层预测, 储层发育位置在须家河组的须底和须四位置。该区为河流相沉积, 孔

隙和砂岩厚度对储层预测有着指导性的作用, 但地下构造横向变化剧烈, 利用单一井资料进行储层横向预测难度较大, 且精度不高。图 1 为反射强度属性切片, 显示了该区砂岩厚度横向发育情况(黄色), 在一定程度上反映了砂岩发育的位置和横向变化。图 2 为相对波阻抗属性切片。低值异常区域反映了储层含气情况^[8], 实践表明: 储层含气, 波阻抗值将减小。图 3 为相似系数属性切片, 显示了裂缝的发育情况, 裂缝基本沿 NE 方向发育, 引导我们在裂缝发育较大的地方寻找储层。经验表明, 该区气藏主要集中在裂缝发育较好的地方, 裂缝决定油气藏的位置, 同时也决定了后期最有利的开采位置。

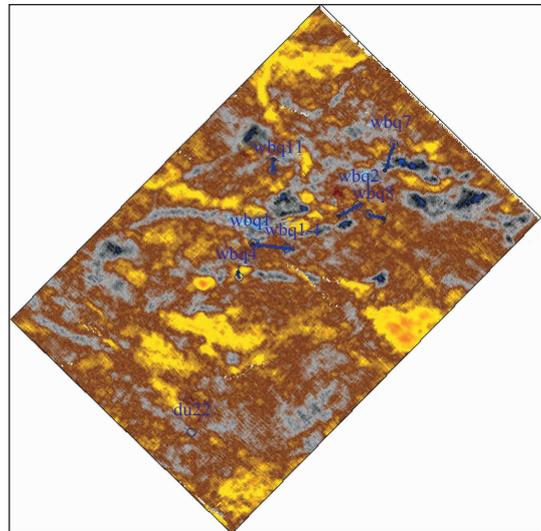


图 1 反射强度属性切片

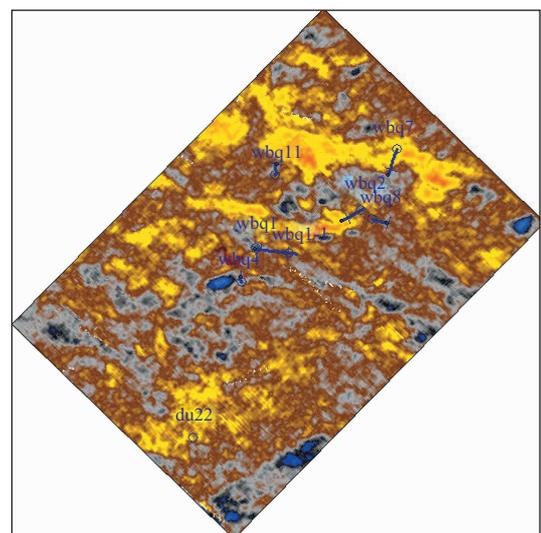


图 2 相对波阻抗属性切片

反射强度反映了该区河流相沉积特点和砂岩厚度情况, 相对波阻抗反映储层的含气情况^[9], 而相似系数则反应了油气可能聚集的地方, 因此将三

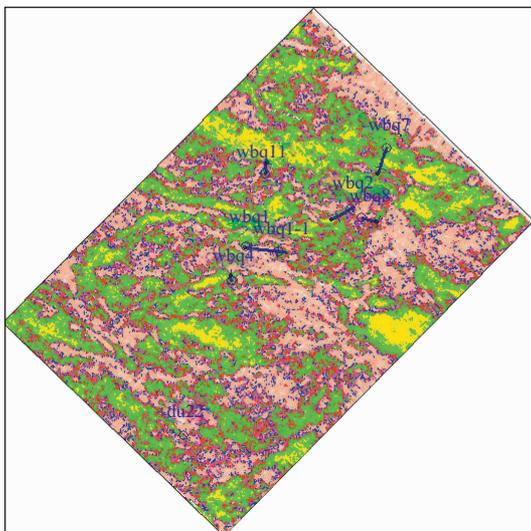


图 3 相似系数属性切片

者结合起来,则可以预测有经济价值的气藏分布情况。利用本文提出的融合技术,将反射强度、相对波阻抗和相似系数这 3 种属性融合成一体,根据井位计算每种属性的融合权重,综合考虑砂岩厚度、砂岩含油气的情况和裂缝发育位置,同时结合测井和地质资料,最终预测有利储层的发育位置。图 4 是 3 种属性融合后的 I 类储层的发育位置,基本上在构造高点位置,符合该区储层发育特点。工区中已有井资料也在一定程度上验证了该方法的可行性,如:wbq7 井为一口气井,在 3 种属性切片中该井都在储层发育的有利区域,在融合方法的计算结果中,该井也在有利储层发育区域;而 wbq8 井在

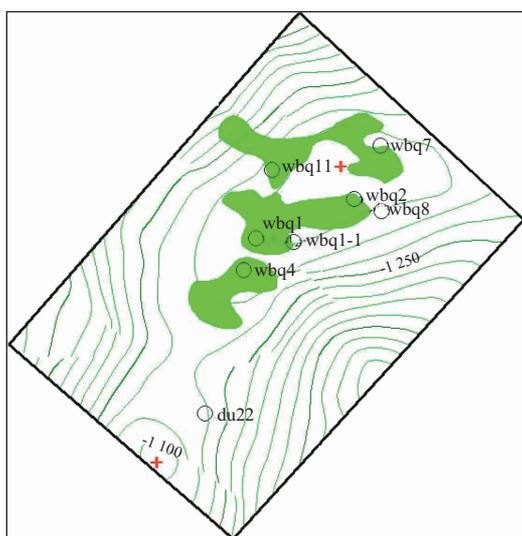


图 4 融合技术储层预测结果

反射强度和相对波阻抗属性切片中显示在有利区域,但在相似系数属性切片中却在非有利区域,表明该井处裂缝发育很少,因此不能作为有利储层位置,在融合方法计算结果中也显示该井在非有利区域,符合实际情况。通过实际资料的验证,说明该方法的计算结果与实际情况吻合较好。

以上分析说明,融合技术可以很好地解决利用单一属性预测储层的多解性问题。对于低孔低渗的油气藏,利用属性融合方法可以在一定程度上改善储层预测的精度。

3 结论

本文提出的在井资料的基础上的多属性融合技术,结合了地震属性横向分辨率高和井数据纵向分辨率高的优点,分析了各属性对油气检测的敏感程度,并用于储层预测,尤其对低孔低渗油气藏的预测。实际资料的应用显示,该方法效果较好。多属性融合技术还可以很好地解决利用单一属性进行储层预测的多解性问题,从而提高储层预测的精度。

参 考 文 献

- 1 熊晓军,尹成,张白林,等. 高阶统计量油气检测方法研究[J]. 地球物理学报,2004,47(5):920~927
- 2 贝智敏,张纪. 吸收系数技术在东海储层预测中的应用[J]. 海洋石油,2000(3):1~2
- 3 李显贵,刘雪康. 洛带气田地震多参数综合油气预测研究[J]. 石油地球物理探,2000,35(6):780~781
- 4 黄绪德. 地震勘探直接找油气在国外的最新发展[J]. 勘探地球物理进展,2004,27(3):218~227
- 5 张福明,查明,邵才瑞,等. 天然气的测井勘探与评价技术[J]. 地球物理学进展,2007,22(1):179~185
- 6 段春节,赵虎,柏冠军,等. 基于井位的地震属性融合技术研究[J]. 地球物理学进展,2009,24(1):288~292
- 7 张小浩,周鼎武. 径向基函数方法在南泥湾油田勘探中的应用[J]. 地球物理学进展,2007,22(1):213~217
- 8 Partyka G,Gridley J,Lopez J. Interpretational application of spectral decomposition in reservoir characterization [J]. The Leading Edge,1999,18(3):353~360
- 9 Marfurt K J,Kirlin R L. Narrow-band spectral analysis and thin-bed tuning [J]. Geophysics,2001,66(4): 1 274~1 283

(编辑:顾石庆)