

段春节,赵虎,吴汉宁,尹成. 基于井位的地震属性融合技术研究. 地球物理学进展, 2009, 24(1): 288~292

Duan C J, Zhao H, Wu H N, Yin C. Research on technique of seismic attributes synthesis based on wells. *Progress in Geophys.* (in Chinese), 2009, 24(1): 288~292

基于井位的地震属性融合技术研究

段春节^{1,2}, 赵虎³, 吴汉宁¹, 尹成³

(1. 西北大学地质学系, 西安 710069; 2. 中国石油化工股份有限公司华北分公司开发处, 郑州 450007

3. 西南石油大学, 成都 610500)

摘要 在利用地震属性对储层预测的研究中, 大部分理论方法主要存在利用单一属性预测储层这一缺陷, 在实际应用中则存在单一属性不能正确预测储层的问题, 这些问题应通过多元属性融合技术来解决. 本文在已有井资料的基础上, 对属性融合技术进行了研究, 分析各属性对储层的影响因素. 利用井位计算各地震属性融合比重, 有机的结合了各属性的优点, 提出了这一问题新的解决方法. 实际资料的应用显示, 该方法在储层预测中取得了良好的效果.

关键词 储层预测, 属性融合, 地震属性, 多元属性

中图分类号 P631

文献标识码 A

文章编号 1004-2903(2009)01-0288-05

Research on technique of seismic attributes synthesis based on wells

DUAN Chun jie^{1,2}, ZHAO Hu³, WU Han-ning¹, YIN Cheng³

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China;

2. Development Section, Company, SINOPEC, Zhengzhou 450007, China;

3. Southwest petroleum university, Chengdu 610500, China)

Abstract In research on using seismic attributes to reservoir forecast, most of theories and means present default of using singlet attribute to forecast reservoir. In application, the problem is that singlet attribute can not forecast reservoir correctly. These questions should be resolved by technique of multiple attributes synthesis. This article makes a research on the technique of attributes synthesis, which is based on well data; analyzing the factors that each of attributes has influence on the reservoir. In order to propose a new solution to this question, we use well data to compute each of seismic attributes synthesis weight, and unite the merits of each attribute. Actual application shows that this method has made good results in the reservoir forecasting.

Keywords reservoir forecasting, attribute synthesis, seismic attribute, multiply attribute

0 引言

地震属性技术反映了地震波的动力学、运动学和统计特征, 早先的振幅属性, 发展到现在有几十种地震属性, 这些地震属性都反映了地下的地质条件, 而每一种地震属性都只对某些地质特征敏感, 并不能反映全部的地质特征, 如相似系数反映了裂隙的情况, 这样对一些低孔低渗的隐蔽性油气藏, 单一

的地震属性则不能取得很好的效果. 因此, 地震属性融合引起地震物理工作者的关注, 本文在结合井资料的基础上, 提出了一种全新的地震属性融合技术, 对其实现过程和关键技术进行了详细的研究, 取得了初步的成果.

1 属性融合方法

1.1 方法的提出

收稿日期 2008-01-10; 修回日期 2008-03-20.

基金项目 国家自然科学基金(40374020)项目资助.

作者简介 段春节, 男, 1967年生, 四川资中人, 高级工程师, 西北大学地质学系博士研究生, 现工作于中国石油化工股份有限公司华北分公司开发处, 主要从事油气田开发综合研究和技术管理工作. (E-mail: duanchunjie@126.com)

属性融合方法是基于单一属性在储层预测中多解性的基础上提出来的,所谓融合,简单的说,就是将多个属性在经过一定的数学运算的基础上,考虑每一种属性对储层的影响,最终得出最优的结果.融合技术对地震属性的要求很高,要对地震属性进行筛选,选择对储层预测比较敏感的属性.选取的原则是:首先,对地震属性进行地质分析,分析与储层最敏感的几个属性;其次,同一类型的地震属性只选其中效果最好的一种.实践证明,较多的属性参与融合,得到的效果并不好,一般是4~6为最佳,同时还

要保证有1~2个属性用于验证.不同地震属性具有不同的特性和变化范围,所以属性融合前要进行地震属性优化(如图1),首先是地震属性的相关性分析,针对本文,我们提出利用井资料,进行地震属性相关性分析;其次是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,不能直接加权.而实际研究发现,由于有极值的存在,普通的归一化方法解决这个问题效果并不好.所以要进行选择归一化,首先要对属性进行统计,根据统计结果给定归一化的范围.

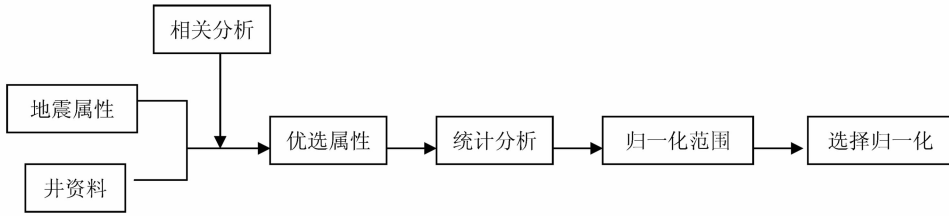


图1 地震属性优化流程

Fig. 1 Flow chart of seismic attribute optimization

1.2 融合方法实现

地震属性的融合方法很多,如神经网络、聚类分析等,这些方法各有优缺点及其适用范围.本文在大量研究的基础上提出一种新的方法,基于井位的地震属性融合技术,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圆心,某一长度为半径(注:半径不能选的太大),读取区域内地震属性值,将这些值加权平均后得到该井位的加权属性值,如式:

$$\bar{A} = \frac{1}{(2r-1)^2 + 4} \left(\sum_{i=1}^{r-1} A_{x+i,y+i} + A_{x-r,y} + A_{x+r,y} + A_{x,y-r} + A_{x,y+r} \right), \quad (1)$$

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

求出参与融合的每一口井每一属性的加权属性值,对属性1所有井的加权属性($\bar{A}_1, \bar{A}_2, \dots, \bar{A}_i$, 一共有 n 口井)阈值 \bar{A} ,如式

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{A}_i. \quad (2)$$

高于这一阈值即认为是没有储层发育,最常用的方法是加权平均法.应用同样的方法求出参与融合所有属性的阈值.

假设在地震资料信噪比很高的理想状态下,那么 \bar{A}_i/\bar{A} 应接近于1,而实际上地震资料的信噪比并

不一定很高,所以对于所有井的加权属性值 \bar{A}_i/\bar{A} 应在1的附近,所以单一属性的误差能量(偏离的程度)为:

$$Q_1 = \sum_{i=1}^n (1 - \bar{A}_i/\bar{A})^2. \quad (3)$$

其中: \bar{A}_i 为第 i 口井的几种加权属性值, \bar{A} 为几种属性的阈值.

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让这些能量误差最小,以4种属性, n 口井为例,总误差能量:

$$Q = c_1 \sum_{i=1}^n (1 - \bar{A}_i/\bar{A})^2 + c_2 \sum_{i=1}^n (1 - \bar{B}_i/\bar{B})^2 + c_3 \sum_{i=1}^n (1 - \bar{C}_i/\bar{C})^2 + c_4 \sum_{i=1}^n (1 - \bar{D}_i/\bar{D})^2. \quad (4)$$

其中: c_1, c_2, c_3, c_4 为加权系数, $\bar{A}_i, \bar{B}_i, \bar{C}_i, \bar{D}_i$ 为第 i 口井的几种加权属性值, $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \bar{D}$ 为几种属性的阈值,且加权系数满足以下条件:

$$c_1 + c_2 + c_3 + c_4 = 1, \quad (5)$$

$$0.1 \leq c_1, c_2, c_3, c_4 \leq 0.4. \quad (6)$$

式(4)经过化简后可以用(7)式代替

$$Q = \sum_{i=1}^n (1 - c_1 \bar{A}_i/\bar{A} - c_2 \bar{B}_i/\bar{B} - c_3 \bar{C}_i/\bar{C} - c_4 \bar{D}_i/\bar{D})^2. \quad (7)$$

在经过不同的系数组合后能计算出多个误差能量值,找出最小误差能量:

$$Q_{\min} = \min\{Q_1, Q_2, Q_3, \dots\}, \quad (8)$$

Q_{\min} 所对应的组系数为最佳的加权系数,利用该系

数与选择归一化的属性数据即可进行属性融合:

$$H_{i,j} = c_1 A_{i,j} + c_2 B_{i,j} + c_3 C_{i,j} + c_4 D_{i,j}, \quad (9)$$

其中: $A_{i,j}, B_{i,j}, C_{i,j}, D_{i,j}$ 为第*i*线号第*j*个CDP点的选择归一化属性值.

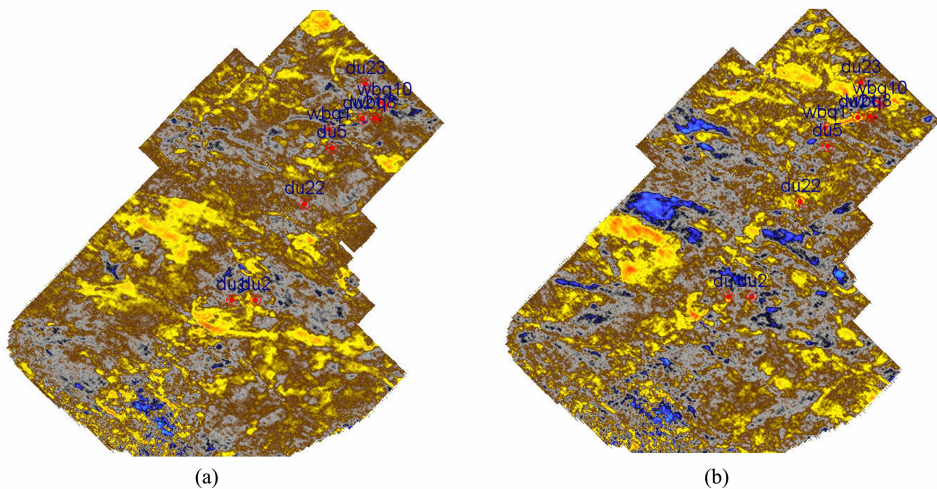


图2 实际数据计算成果图-I
(a)反射强度属性切片;(b)相对波阻抗属性切片

Fig. 2 Actual data computation result-I

(a) Attribute slice of reflection strength; (b) Attribute slice of relative wave impedance

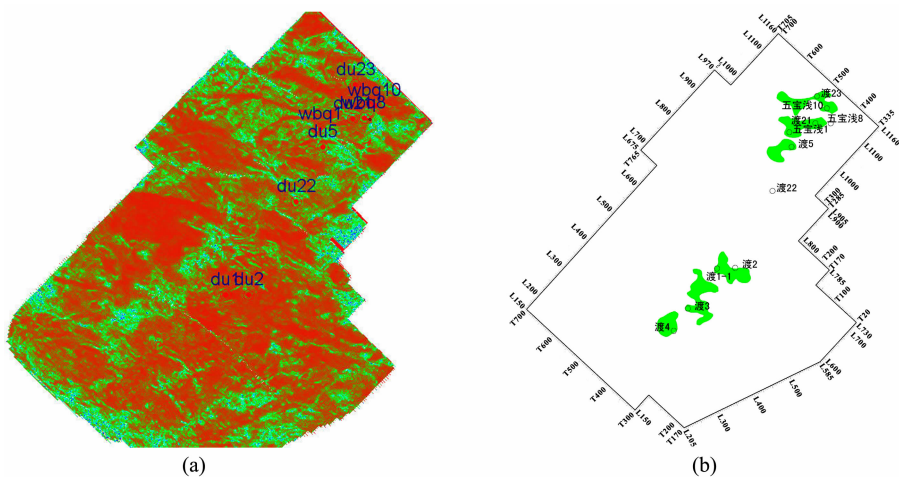


图3 实际数据计算成果图-II
(a)相似系数属性切片,(b)融合技术储层预测图

Fig. 3 Actual data computation result-II

(a) Attribute slice of similarity coefficient; (b) Reservoir prognostic chart by attributes synthesis technique

2 实际应用资料

针对以上融合方法的实用性,选择了一低孔低渗地区的资料,该区为河流相沉积,决定了地震资料横向变化的剧烈,井资料横向预测的范围较小,因此

单一属性的储层预测精度必然不高.如图2所示,从这些图可以发现储层横向发育情况.图2(a)反射强度则显示该区砂岩厚度横向发育情况(黄色),而相对波阻抗属性的低值异常区域反映了储层含气情况(图2(b)),同时我们知道对于低孔低渗的储层,气

藏主要集中在裂缝发育较好的地方,而图 3(a)相似系数属性我们可以清楚的显示裂缝发育的情况,裂缝基本是沿 NE 方向发育,这决定了这一区域 I 类储层的位置。

以上分析,可以发现单一属性只能反映一种因素的影响,而融合技术可以很好的解决这一问题。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,而相似系数则反应了油气可能聚集的地方,因此将三者结合起来,则可以预测有经济价值的气藏分布情况。该区井资料的验证情况显示,该方法与实际吻合较好,图 3(b)是三个属性融合后的 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。

3 结 论

基于井位的地震属性融合技术,很好的利用了已有的井资料,结合了地震属性的横向分辨率高,和井数据的纵向分辨率高的优点,同时也结合了各属性在储层预测中的优点,分析油气的敏感属性,较好的完成了对低孔低渗油气藏的预测,实际资料显示该方法效果较好。

参 考 文 献 (References):

- [1] 王新红. 弹性波阻抗反演在稠油热采地震监测中的应用[J]. 地球物理学进展, 2007, 22(1): 186~191.
Wang X H. Application of elastic impedance inversion in seismic monitoring of the heavy-oil thermal recovery [J]. Progress in Geophysics (in Chinese), 2007, 22(1): 186~191.
- [2] 熊晓军, 尹成, 张白林, 等. 高阶统计量油气检测方法研究. 地球物理学报[J]. 2004, 47(5): 920~927
Xiong X J, Yin C, Zhang B L, *et al.* Method research of forecasting oil and gas using higher-order statistics [J]. Chinese J. Geophys. (in Chinese) [J]. 2004, 47(5): 920~927
- [3] Gannakis G B. Cumulants: A powerful tool in signal processing[J]. Proc IEEE, 1987, 75(4): 1333~1334.
- [4] 李斌, 刘洪, 朱国同, 付志方, 油气勘探中的地震速度泡沫现象 [J]. 地球物理学进展, 2007, 22(1): 207~212.
Li B, Liu H, Zhu G T, Fu Z F. Fizz gas phenomenon in exploration of oil & gas [J]. Progress in Geophysics (in Chinese), 2007, 22(1): 207~212.
- [5] 张福明, 查明, 邵才瑞, 印兴耀, 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.
Zhang F M, Zha M, Shao C R, Yin X Y. Technology of natural gas exploration and evaluation based on well-logging data [J]. Progress in Geophysics (in Chinese), 2007, 22(1): 179~185.
- [6] 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.
Zhang X H, Zhou D W. Application of radial basis function in nan niwan oil field [J]. Progress in Geophysics (in Chinese), 2007, 22(1): 213~217.
- [7] Mendel M. Tutorial on higher-order statistics (spectra) in signal processing and system theory: Theory results and some applications [J]. Proc IEEE, 1991, 79(3): 278~305.
- [8] 李云, 李鹏, 颜虹, 莫西庄地区三工河组二段储层特征评价 [J]. 地球物理学进展, 2007, 22(1): 227~233.
Li Y, Li P, Yan H. Character appraisal of section 2 reservoir, sangonghe group, moxizhuang area [J]. Progress in Geophysics (in Chinese), 2007, 22(1): 228~232.
- [9] 吴晶, 高原, 陈运泰, 黄金莉. 首都圈西北部地区地壳介质地震各向异性特征初步研究 [J]. 地球物理学报, 2007, 50(1): 209~220.
Wu J, Gao Y, Chen Y T, Huang J L. Seismic anisotropy in the crust in northwestern capital area of China [J]. Chinese J. Geophys. (in Chinese), 2007, 50(1): 209~220
- [10] 马丽娟, 郑和荣, 陈霞. 隐蔽油气藏地震预测技术研究新进展 [J]. 地球物理学进展, 2007, 22(1): 294~300.
Ma L J, Zheng H R, Chen X. The New progress of seismic forecast technology of Subtle Traps [J]. Progress in Geophysics (in Chinese), 2007, 22(1): 294~300.
- [11] 刘永霞, 徐涛, 赵兵, 刘春成. 自相似型各向异性自组织介质中地震波场动力学响应 [J]. 地球物理学报, 2007, 50(1): 221~232
Liu Y X, Xu T, Zhao B, Liu C C. Seismic sounding of anisotropic self-similar self-organized medium [J]. Chinese J. Geophys. (in Chinese), 2007, 50(1): 221~232
- [12] 刘喜武, 刘洪, 李幼铭, 年静波. 局域波分解及其在地震信号时频分析中的应用 [J]. 地球物理学进展, 2007, 22(2): 364~375.
Liu X W, Liu H, Li Y M, Nian J B. Local waves decomposition and its applications to seismic signal time-frequency analysis [J]. Progress in Geophysics (in Chinese), 2007, 22(2): 365~375.
- [13] 刘定进, 印兴耀. 傅里叶有限差分法保幅叠前深度偏移方法 [J]. 地球物理学报, 2007, 50(1): 268~276.
Liu D J, Yin X Y. A method of Fourier finite-difference preserved-amplitude prestack depth migration [J]. Chinese J. Geophys. (in Chinese), 2007, 50(1): 268~276.
- [14] 郑庆生, 韩大匡. 高阶神经网络在储层分布参数定量预测中的应用 [J]. 地球物理学进展, 2007, 22(2): 552~555.
Zheng Q S, Han D K. Estimation of reservoir distribution parameters using higher-order neural network approach [J]. Progress in Geophysics (in Chinese), 2007, 22(2): 552~555.
- [15] 包乾宗, 高静怀, 陈文超. 面波压制的 Ridgelet 域方法 [J]. 地球物理学报, 2007, 50(4): 1210~1215.
Bao Q Z, Gao J H, Chen W C. Ridgelet domain method of ground-roll suppression [J]. Chinese J. Geophys. (in Chinese), 2007, 50(4): 1210~1215.
- [16] 路鹏飞, 杨长春. ActiveX 技术在三维地震资料可视化中的应用 [J]. 地球物理学进展, 2007, 22(3): 826~830.
Lu P F, Yang C C. Application of ActiveX technique in 3D

seismic data visualization [J]. Progress in Geophysics (in Chinese), 2007, 22(3): 826~830.

- [17] 陈生昌, 肖鹏飞. 位场向下延拓的波数域广义逆算法[J]. 地球物理学报, 2007, 50(6): 1816~1822.

Chen S C, Xiao P F. Wavenumber domain generalized inverse algorithm for potential field downward continuation [J]. Chinese J. Geophys. (in Chinese), 2007, 50(6): 1816~1822.

- [18] 邵志刚, 傅容珊, 黄建华, 刘财. 线性粘弹介质中地震波场数值模拟[J]. 地球物理学进展, 2007, 22(4): 1135~1141.

Shao Z G, Fu R S, Huang J H, Liu C. Modeling seismic wave in linear viscoelastic media [J]. Progress in Geophysics

(in Chinese), 2007, 22(4): 1135~1141.

- [19] 程冰洁, 李小凡, 徐天吉. 含流体裂缝介质中地震波场数值模拟[J]. 地球物理学进展, 2007, 22(5): 1370~1374.

Cheng B J, Li X F, Xu T J. Numerical modeling of the seismic wave-field in cracked media with liquid [J]. Progress in Geophysics (in Chinese), 2007, 22(5): 1370~1374.

- [20] 范军侠, 梁锋, 田永. 海南地区东三段水下分流河道砂体的识别与预测[J]. 地球物理学进展, 2007, 22(5): 1527~1532.

Fan J X, Liang F, Tian Y. Recognition and prediction of sub-channel branch sandbodies in the third member of the Dongying formation, Hainan area [J]. Progress in Geophysics (in Chinese), 2007, 22(5): 1527~1532.

查阅本刊网站获取详细信息
(<http://www.progeophys.cn>)

欢迎订阅《地球物理学进展》

2009年《地球物理学进展》为双月刊, 每年6期, 每期定价50元, 全年定价为300元。

订刊联系方式

- (1) 本刊编辑部(邮局汇款与单位电汇均可)

汇款地址 100029 北京市 9825 信箱《地球物理学进展》编辑部

电话传真 010-82998113, 010-82998105, 010-62369620

联系人 刘少华

电子邮件 shliu@cgs.org.cn, geophys@163.com

网 站 <http://www.progeophys.cn>

开户行 中国农业银行北京健德支行 账 号 190901040000456

收款单位 中国科学院地质与地球物理研究所

(务必在注释行写上: 购《地球物理学进展》款, 同时写上您的姓名和联系地址)

- (2) 天津全国非邮发联合证订服务部

邮编地址 300385 天津市大寺泉集北里别墅 17 号

电话传真 022-23973378, 022-23962479

网 址 <http://www.LHZD.com>

E - mail LHZD@public.tpt.tj.cn