

文章编号:1000-1441(2005)06-0617-04

# 四川盆地铁山坡地区飞仙关组鲕滩储层地震预测

元 军<sup>1</sup>, 尹兵祥<sup>2,3</sup>, 徐筱兵<sup>4</sup>, 樊佳芳<sup>5</sup>

(1. 四川石油管理局地球物理勘探公司, 四川成都 611430; 2. 中国石油大学 CNPC 物探重点实验室, 北京 102249; 3. 中国石油大学地球资源与信息学院, 山东东营 257061; 4. 中国石油西南油气田分公司勘探开发研究院, 四川成都 610051; 5. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:**四川盆地东北部的三叠系下统飞仙关组是重要的油气储层,其储集岩体主要为经晚期白云岩化改造的鲕滩沉积的致密鲕粒白云岩、鲕粒灰岩。铁山坡地区位于开江-梁平海槽的东北边缘,具备发育飞仙关组鲕滩储层的条件。但是,复杂多变的围岩和严重的非均质性增加了储层预测的难度,为此,在储层预测中采用了基于信息融合理论的地质模型约束地震反演,把地质、测井、地震等多元地学信息统一到同一个模型上,将各类信息在模型空间进行有机融合,提高了反演的信息使用量、信息匹配精度和反演结果的置信度。同时,利用空间地质约束相干识别技术对储层的含气、含水及气水关系等进行了检测和识别,检测结果与钻井资料吻合。

**关键词:**四川盆地;飞仙关组;鲕滩;储层;地震预测

**中图分类号:**P631.4

**文献标识码:**A

我国南方海相碳酸盐岩地区是重要的油气勘探领域,已先后发现威远、赤水、五百梯、卧龙河、沙坪场、磨溪等大型气田。但目前仍有众多探区勘探程度较低,地质认识不足。在四川盆地,除石炭系黄龙组的油气勘探比较成熟之外,其余储层仍处于探索阶段。三叠系下统飞仙关组是川东北地区近几年有重大发现的一个重要储层,其储集体岩性主要为致密鲕粒白云岩、鲕粒灰岩,经晚期白云岩化改造形成次生孔隙性储层,储集空间主要为裂缝-孔洞型和裂缝-孔隙型。勘探实践表明,川东北地区的鲕滩储层具有有效厚度大、孔隙度高、储量丰度高、测试产能高等特征,较高孔隙度的储层主要发育在鲕粒滩的中心相带,但复杂多变的围岩及其非均质性增加了储层预测的难度<sup>[1-6]</sup>。

## 1 研究区概况

铁山坡地区位于四川省宣化县东北,构造位于四川盆地东北部,川东断褶带北端,开江-梁平海槽的东北边缘,具备发育鲕滩储层的条件<sup>[2,3]</sup>。区内坡 1 井、坡 2 井已获高产工业气流,控制储量为  $184 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。钻井显示,飞仙关组溶孔残余鲕粒白云岩孔、洞、缝发育,平均孔隙度为 10.80%,最高为 22.58%,储层累积厚度在 100 m 以上,其间有数十米厚的膏质岩类将其分隔为互不连通的上、下两套,地震剖面上表现为双轴亮点特征<sup>[2-4]</sup>。

铁山坡地区飞仙关组鲕滩储层裂缝发育,纵、横向分布极不稳定,孔隙度和厚度变化大,常呈条

带状、薄层状、中层状-块状,非均质性严重<sup>[5-8]</sup>。

## 2 基于信息融合的储层地震预测

目前进行储层预测一般是,首先采用精细构造解释成果建立控制模型,然后通过地震反演得到波阻抗或其它储层参数剖面,进行储层预测和描述<sup>[8-12]</sup>。针对铁山坡地区飞仙关组储层的地质与地球物理特点,我们应用基于信息融合理论的地质模型约束地震反演,来研究储层的几何形态、岩性和物性参数分布。该方法的特点是把地质、测井、地震等多元地学信息统一到同一个模型上,实现各类信息在模型空间的有机融合,提高了反演的信息使用量、信息匹配精度和反演结果的置信度。使用该方法可以实现复杂储层的岩性参数(如波阻抗,孔隙度等)和地质目标(含油气砂体等)的反演,从勘探初期到开发阶段,都可以得到高分辨率的地震反演结果。

### 2.1 精细构造解释

#### 2.1.1 地震层位标定

我们利用坡 1 井和坡 2 井的声波测井资料制作了合成地震记录。为提高地震层位标定的精度,首先对测井曲线进行了环境校正和标准化处理,以消除系统和非系统误差;然后采用从井旁道提取的

收稿日期:2005-04-15;改回日期:2005-07-07。

作者简介:元军(1971—),男,工程师,现主要从事地震采集质量管理以及资料处理和解释方法研究工作。

基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(2001CB209105)资助。

地震子波制作合成地震记录,2 口井的合成地震记录与井旁地震道的相关系数都达到了 0.8 以上。图 1 给出的是坡 2 井的合成地震记录。

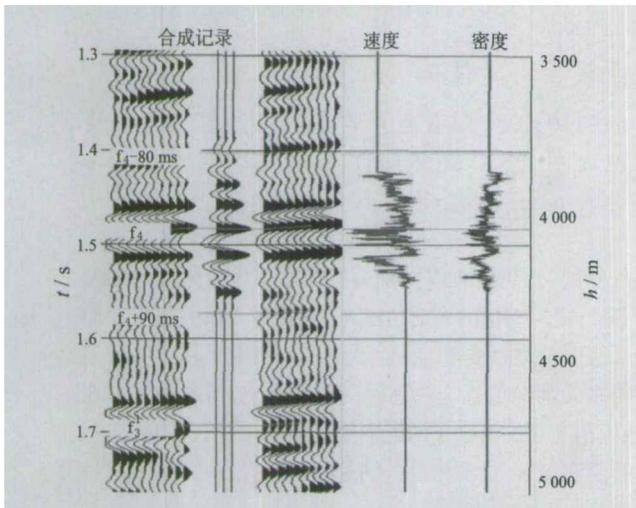


图 1 坡 2 井的合成地震记录及层位标定

### 2.1.2 层位与断层解释

我们首先参照标定结果在井附近进行解释,然后连线解释,进而扩展到全区。根据储层预测的需要,重点解释储层顶面的反射,并适当选取了上、

下相邻的界面进行解释,以便建立地质模型。图 2 给出的是过坡 3 井的地震剖面及解释结果。

### 2.2 约束地震反演

约束地震反演是一种基于模型的反演技术,它以地震解释建立的油藏地质模型为基础,对地质模型进行扰动与修改,以使合成地震记录与实际地震记录尽可能接近。因为是通过正演得到反演结果,避免了地震资料直接反演存在的问题,因而可以突破地震分辨率的限制,使反演分辨率接近测井分辨率。但在许多情况下,仅用声阻抗反演不能解决储层预测问题。我们采用信息融合理论,建立能反映储层特征的拟声波测井曲线,用于综合地质建模;在复杂构造框架和多种储层沉积模式的约束下,用波形相干和分形技术将单井地质模型扩展为三维空间的初始地质模型;采用全局寻优的快速反演算法(模拟退火和宽带约束反演),对初始地质模型进行反复迭代修正,得到高分辨率的拟声波阻抗、速度和(或)其它储层参数模型。图 3 和图 4 给出的是坡 2 井附近某测线的速度和孔隙度反演结果,较好地显示了目标储层在剖面空间的分布。

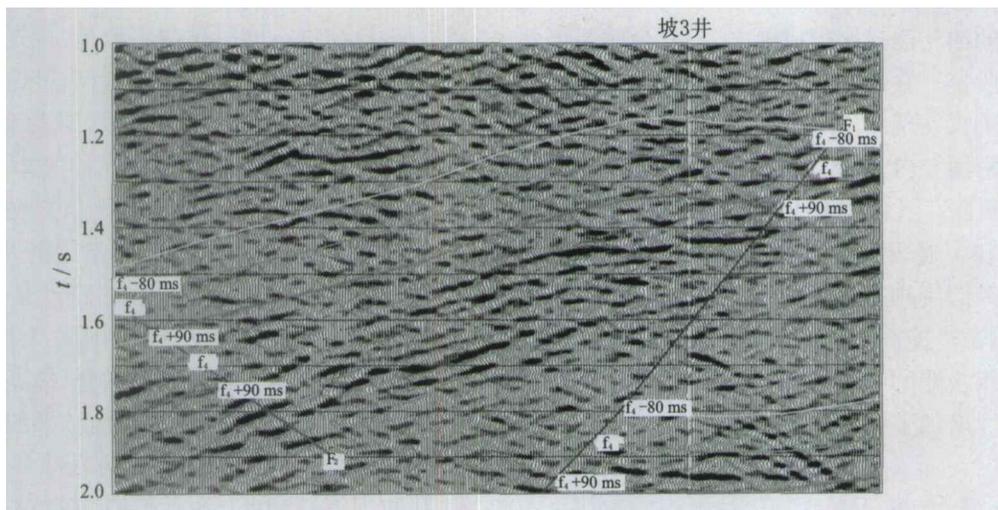


图 2 过坡 3 井的地震剖面及解释结果

### 2.3 储层信息融合

波阻抗反演、拟波阻抗反演、储层参数反演、地震属性分析、AVO 分析、相干检测等方法技术都可以获得储层某一方面的信息,对这些信息需进行综合分析。我们根据储层预测的需要,精选了岩性信息、反演速度及孔隙度数据,以小波多分辨技术为主要手段解决了相近分辨率下的信息融合问题,综合应用地质统计和神经网络技术计算出不同信息的匹配度及融合系数,对地质目标进行了信息重构。图 5 给出的是坡 2 井附近某测线基于岩性识别和速度及孔隙度资料的融合结果。

### 2.4 模式识别预测

采用空间地质约束相干识别技术检测了储层中含气、含水情况及气水关系,预测了气层和水层在剖面及空间上的展布。该技术将地质信息融合到相干处理中,以沿层地震属性提取为基础,采用多元统计分析和人工神经网络手段,对储层地质目标(如含油性)进行无监督和 supervised 的模式识别,减少了传统相干方法的多解性,更直接、精细地检测出由岩性、孔隙度、渗透率、油气等变化引起的地震信息的空间变化。所得结果与地质目标的相似性强,地质意义明确,避免了传统相干方法仅反映地

震波形的不连续性,地质意义模糊,解释困难等问题。图 6 和图 7 给出了坡 2 井附近某测线的油气模式识别结果(黄色表示气,蓝色表示水),气与水

的剖面 and 平面分布特征符合地质规律,且与已知钻井资料吻合。平面展布图综合了 30 条二维测线的预测结果。

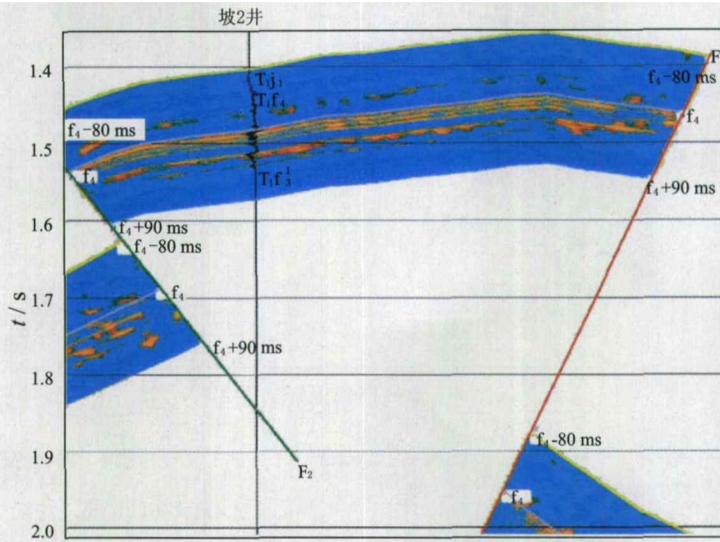


图 3 速度反演剖面

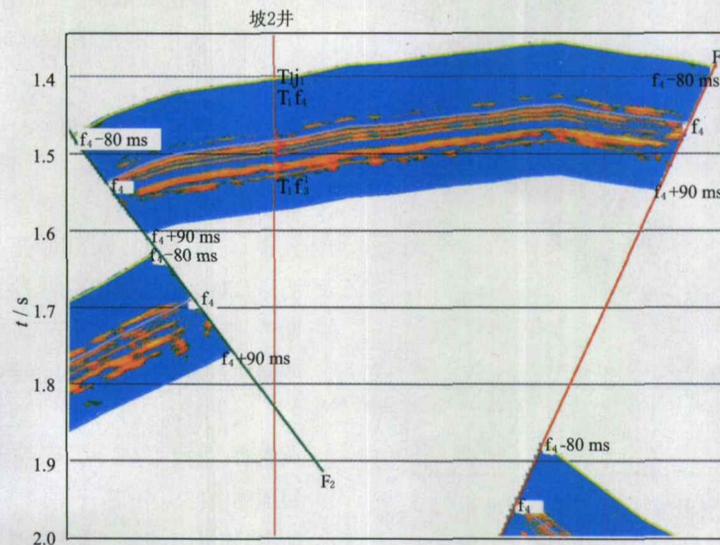


图 4 孔隙度反演剖面

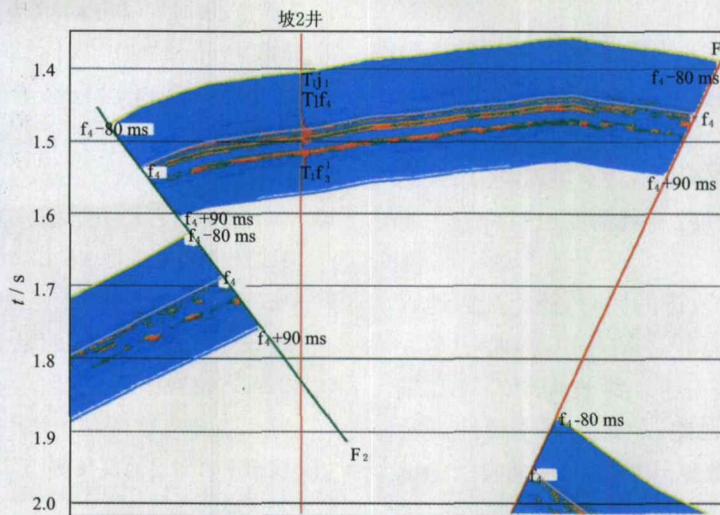


图 5 基于岩性识别、速度和孔隙度的融合剖面

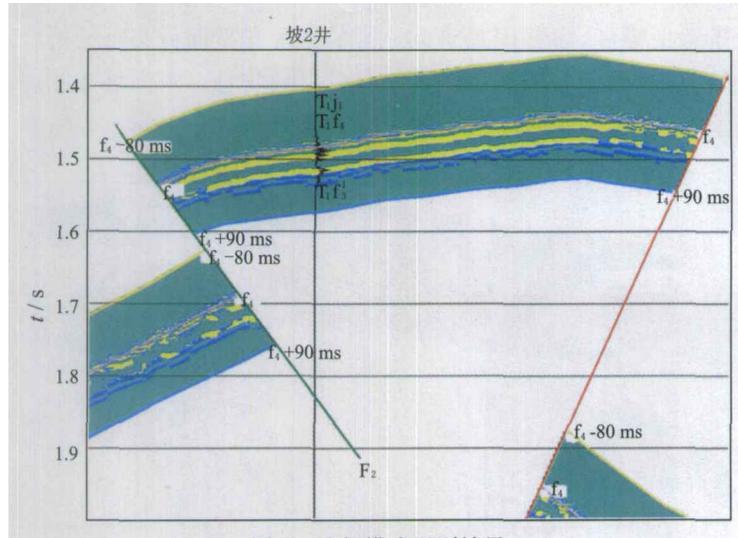


图 6 油气模式识别结果

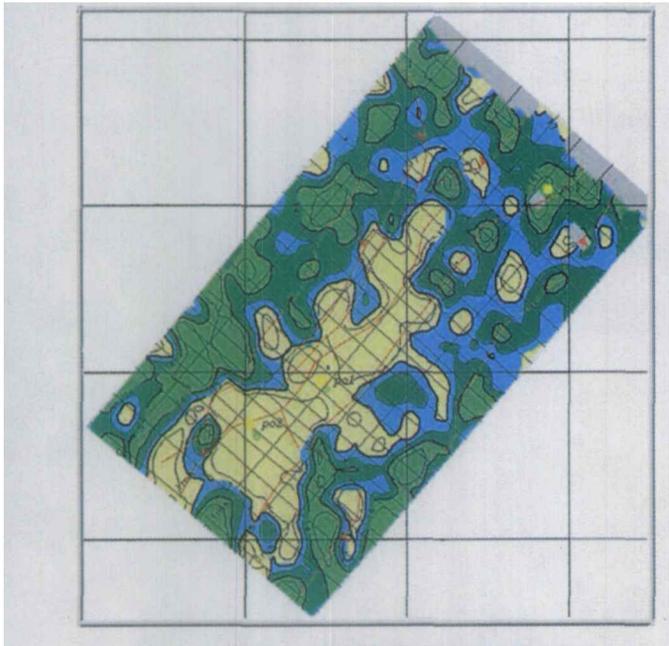


图 7 飞仙关组上储层段模式识别的平面展布

### 参 考 文 献

- 1 范嘉松,吴亚生. 川东二叠纪生物礁的再认识[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(1):12~18
- 2 刘殊,甘其刚. 碳酸盐岩沉积相分析在飞仙关组鲕滩储层预测中的应用[J]. 勘探地球物理进展, 2003, 26(3): 190~198
- 3 王一刚,刘划一,文应初,等. 川东北飞仙关组鲕滩储层分布规律、勘探方法与远景预测[J]. 天然气工业, 2002, 22(增刊):14~18
- 4 凡睿,高林,何莉,等. 川东北飞仙关组鲕滩储层地震预测[J]. 勘探地球物理进展, 2003, 26(3):199~203
- 5 谢芳,李志荣,肖富森,等. 四川盆地东北部飞仙关组鲕滩储层地震预测技术[J]. 天然气工业, 2004, 24(1): 34~36
- 6 黄花香,吴战培,熊艳,等. 速度反演技术在四川盆地储层预测中的应用[J]. 石油物探, 2002, 41(4):456~460
- 7 蒲勇,陈祖庆,田江. 地震属性技术在碳酸盐岩鲕滩储层预测中的应用[J]. 石油物探, 2004, 43(增刊):63~66
- 8 刘映辉,敬朋贵,尹正武. 南方新区油气勘探与地震属性技术[J]. 石油物探, 2004, 43(增刊):48~50
- 9 刘文岭,牛彦良,李刚,等. 多信息储层预测地震属性提取与有效性分析方法[J]. 石油物探, 2002, 41(1): 100~106
- 10 何碧竹,周杰,汪功怀. 利用多元地震属性预测储层信息[J]. 石油地球物理勘探, 2003, 38(3):258~262
- 11 杨凤丽,张善文. 多场信息预测基岩潜山裂缝性油气储层——CB潜山应用实例[J]. 石油地球物理勘探, 2001, 36(3):319~325
- 12 尹兵祥,王尚旭,蔡国钢,等. 辽河坳陷黄沙坨油田沙三段粗面岩储层地震预测[J]. 石油学报, 2005, 26(3): 33~36

(本文编辑:戴春秋)

### 3 结束语

基于信息融合的储层地震预测技术的应用效果取决于地震、测井、钻井等多种资料,以及各种资料之间的匹配程度。由于研究区目前钻井比较少,对距井较远的区域控制作用相对不足,预测结果的准确性有待于进一步验证,预测精度也有待进一步提高。

在对预测技术进行改进的同时,还应加强地震与地质的综合研究,要有较多钻井控制,特别是要提高地震资料的品质。由于二维地震资料存在偏移归位不足这一缺陷,因此,最好采用三维地震资料,或者是对二维测网数据开展基于三维模型的偏移成像处理,以提高地震剖面与地质剖面的一致性。