

文章编号: 1673-8926(2007)01-0101-04

利用地震属性预测碳酸盐岩储层

刘伟方¹, 段永华², 高建虎¹, 张喜梅¹, 孙勤华¹

(1. 中国石油勘探开发研究院西北分院; 2. 中国科学院国家科学图书馆兰州分馆)

摘要: 碳酸盐岩储层的强非均质性加大储层横向预测的难度。在采用二步法精细标定及解释的基础上, 确定储层的地震响应, 并利用主成分分析振幅、频率、信噪比等多种地震属性, 尤其是波形特征对TZA井区碳酸盐岩储层展布特征进行了预测, 最终圈定有利储层发育区带。

关键词: 碳酸盐岩; 储层; 标定; 地震属性; 预测

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

A method study of carbonate reservoir identification by using post-stack seismic data

LIU Wei-fang¹, DUAN Yong-hua², GAO Jian-hu¹, ZHANG Xi-mei¹, SUN Qin-hua¹

(1. Northwest Branch, Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina;

2. The Lanzhou Branch of the National Science Library, Chinese Academy of Sciences)

Abstract: The lateral prediction becomes more difficult because of the strong heterogeneity of carbonate reservoir. A measurement is presented in this paper, which determines seismic response of reservoir by horizon calibration of two-step method and seismic interpretation, predicts the distribution characters of carbonate reservoir with analysing many different kinds of seismic characters including amplitude, frequency, signal-to-noise ratio, and especially waveform, and delineates favorable reservoir zones in Tazhong A area.

Key words: carbonate; reservoir; calibration; seismic attributes; predict

0 引言

塔里木盆地塔中A井区中上奥陶统良里塔格组主要为灰岩, 自下而上又可细分为含泥灰岩段、颗粒灰岩段及泥质条带灰岩。从前人的研究成果看, 该区块储层主要是颗粒灰岩段, 储层类型包括溶孔/溶洞及裂缝型。由于碳酸盐岩储层的强非均质性, 储层横向变化一直是难以解决的问题。笔者试图在精细标定及解释的基础上, 通过利用地震属性对碳酸盐岩储层进行定性-半定量预测。

1 储层精细标定

储层精细标定是进行储层预测研究的重要基础。首先对测井曲线进行标准化和环境校正, 然后采用二步法进行储层标定, 使井震之间能够建立更准确的对应关系。

1.1 大套构造层位初标定

在解释系统中, 选择雷克子波, 子波主频与原始地震资料一致, 为18 Hz。在标定的过程中以Tg5以及Tg5作为标准层进行大套地层标定, 确定Tg5及

收稿日期: 2006-12-21; 修回日期: 2007-01-06

作者简介: 刘伟方, 1969年生, 男, 高级工程师, 1996年毕业于中科院兰州分院兰州地质所沉积学专业, 硕士学位, 2006年获得中国地质大学(北京)能源学院矿产普查与勘探专业博士学位。在中国勘探开发研究院西北分院一直从事地震构造、储层及属性方面的研究工作。地址: (730020) 甘肃省兰州市城关区雁儿湾路535号。电话: (0931) 8686183。E-mail: liu-weifang@163.com

T_g5 对应波峰最大值。

1.2 精细储层特征细标定

在反演系统中,提取目的层段内的统计子波进行标定,最终标定结果是:作为主要储层的颗粒灰岩段在地震剖面上的响应与T_g5强波峰下的第一个波谷对应,而该波谷内部的波形变化强弱则是储层发育好坏的响应。

1.3 多井标定验证

单井标定后,用多井剖面对比(图1),总结储层响应特征。A1井为油井,说明在目的层段有较好的孔渗,导致与围岩相比速度降低,不但在波谷中出现极性反转,而且造成在地震剖面上出现同相轴下拉现象,进而造成井-震标定的不协调;而在储层不发育的A5井点,井-震标定相关性很好,而且波谷的波形相对稳定,说明地震速度与测井速度差异不大,进而说明岩体相对致密,孔渗不发育,与该井取心结果吻合。

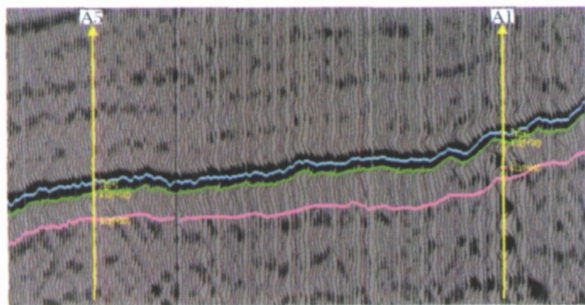


图1 塔中A5—A1连井地震剖面

2 储层识别的地震属性方法

地震属性可分为“狭义地震属性”和“广义地震属性”^[1,2]。狭义地震属性指通常意义的地震属性,而广义地震属性则指有测井等数据参与下的地震属性。广义地震属性使地震属性对储层的预测走向定量化^[3]。

2.1 狭义地震属性的应用

通过标定,认为能够对塔中A井区的颗粒灰岩段储层有很好的地震属性响应包括:振幅类属性、频率类属性、信噪比属性、波形类及层面属性等。

2.1.1 振幅类属性

振幅是岩性界面阻抗差异的响应,上下阻抗差异越大,形成的反射振幅越强。颗粒灰岩段在剖面上的响应为波谷特征,当颗粒灰岩段内部出现孔洞/缝的时候,相当于在其内部出现新的发射界面,叠加的效果是使整个波谷的能量降低,形成储层段的弱振

幅特征。颗粒灰岩段的弱振幅是储层物性好的响应(图2)。

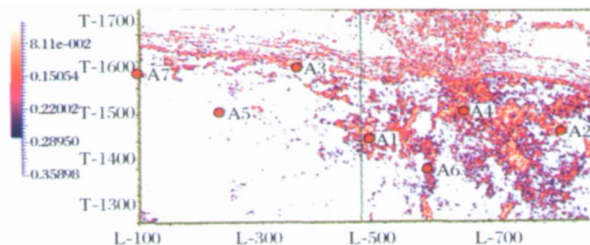


图2 研究区颗粒灰岩段平均振幅平面图

2.1.2 频率类属性

平均瞬时频率能够追踪频率域的特征变化,这些变化可能是由气饱和、断裂系统或岩性地层变化引起的吸收效应的具体表现。致密块状灰岩通常为低频响应,当其内部出现孔洞,频率有所增高。另外,孔洞发育,会对高频成分产生吸收。这2种效应的叠合造成塔中A井区的中高频异常是有效储层的响应(图3)。图4中中高频的红绿色条带是研究区储层物性最好的区带。

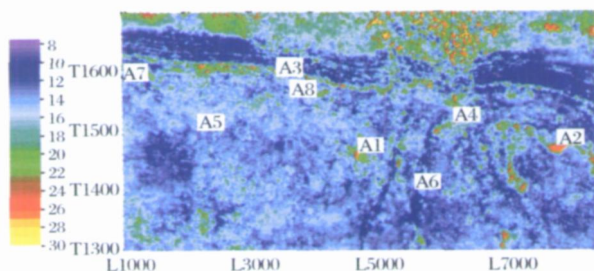


图3 研究区颗粒灰岩段平均瞬时频率平面图

2.1.3 信噪比属性

颗粒灰岩段如果致密,在地震剖面上应该体现出高信噪比的特征,信噪比降低,说明颗粒灰岩段不再致密,内部非均质性增强,出现溶孔/溶洞及裂缝,因此,信噪比降低是存在储层的证据之一。

2.1.4 波形相关性

从标定可以看出,颗粒灰岩段中储层的响应是波谷中出现波峰。因此,利用波形相关、波形相似区块预测储层发育区。图4a、图4b是与A3、A5井点波形相关的波形分类图,蓝色为最高相关系数;图4c、图4d是与A1、A4井点波形相关的波形分类图,红色为相关系数最高。A1、A4井属于高产井,在波谷中出现波峰特征,与这2口井相似的波形特征是含有油气的响应;反之,A3、A4井是储层不发育的井,波谷相对完整,与这2口特征相似的区块则是储

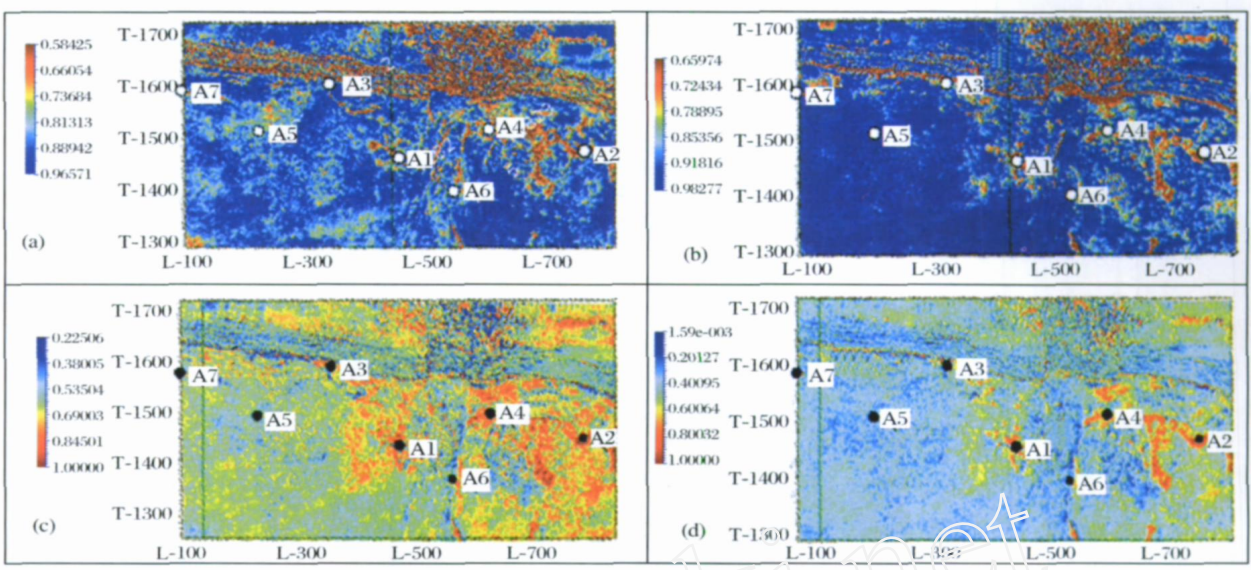


图4 研究区颗粒灰岩段各井点相关平面图

(a) 与A3井相关分类; (b) 与A5井相关分类; (c) 与A1井相关分类; (d) 与A4井相关分类

层不发育的区块。这2种情况的相互印证,说明利用波形特征预测颗粒灰岩段的储层发育是可靠、可行的方法。

2.1.5 多属性综合识别技术

单一属性进行储层预测存在多解性,利用主成分分析技术进行多属性综合识别有效储层。主成分分析是通过多属性分析及矩阵转化技术将线性相关的多种属性转化为线性无关的相同数目属性,转化后的属性为成分,其主要成分可以代表主成分分析前的多种属性的地球物理和地质信息。主成分分析起到了对多属性的降维效果,其成果为最后的主族分成果图(图5)。从图5中所看到的异常区更加集中,主要对应储层物性最好的区带。

2.2 广义地震属性的应用

碳酸盐岩质地坚硬而且致密,整体表现为高速度、高密度及高波阻抗。但是当碳酸盐岩中存在溶孔

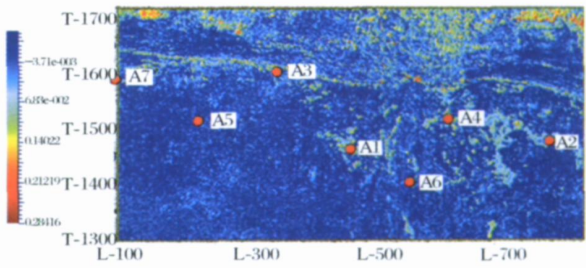


图5 主族分成果图(第5主成分)

洞和裂缝时,会引起速度、密度及波阻抗值的降低。因此,根据与致密围岩相比碳酸盐岩储层具有低速度、低密度、低波阻抗值特征,可以利用波阻抗反演方法进行储层有利区块的预测^[4,5]。图6是塔中A井区的连井波阻抗反演剖面,从图6中可以很清楚地看到,储层发育的A1、A4井点处有明显的低波阻抗值异常区,而储层不发育的A3、A4井点则是高波

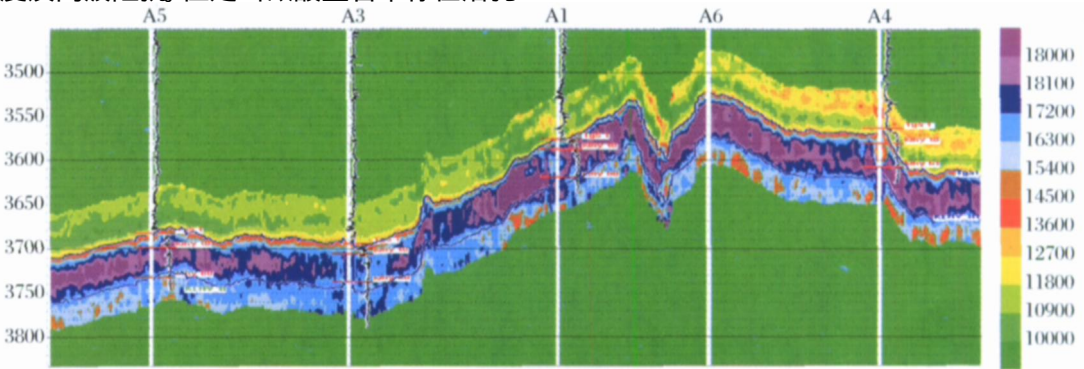


图6 A5—A3—A1—A6—A4连井波阻抗剖面

阻抗值区, 另外也可以明显地看到碳酸盐岩储层强非均质性的特点。

3 成因分析

前面利用振幅、频率、波形特征等地震属性对颗粒灰岩段的储层进行预测, 确定储层的发育区块。这些区块多呈条带状分布, 有着明显的不均一性。利用

自动追踪得到的 Tg5 层位进行倾角/方位角分析 (图7), 从图7中可以看到一系列平行于 I 号断裂的条带分布, 这些条带在剖面上对应一系列的低幅度隆起。形成这些条带状分布的低幅度隆起的原因有 2 种: 可能由于构造挤压, 形成 I 号断裂带的伴生构造; 可能由于持续的水进作用, 形成沿岸分布的生物礁。从成像测井的裂缝分析看, 与裂缝方向近于

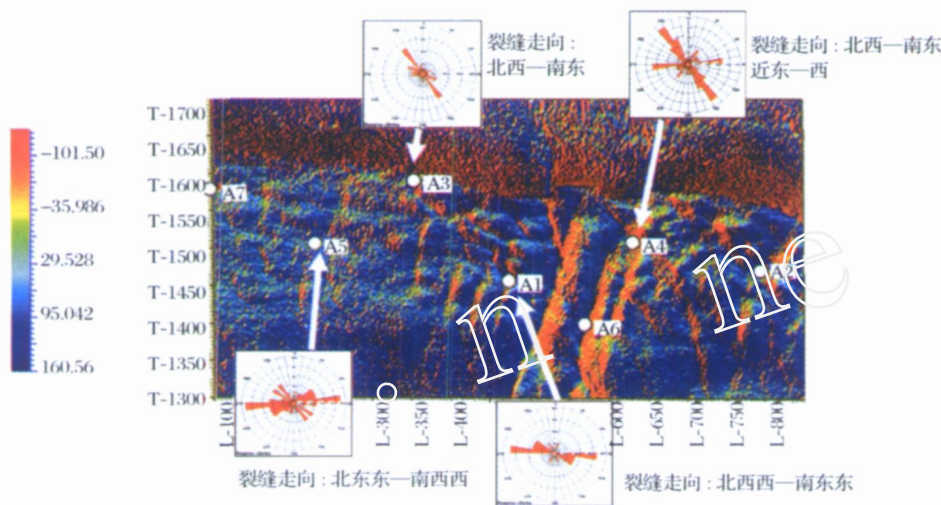


图7 Tg5 倾角/方位角分析图

平行, 因此构造成因的可能性更大。

4 结论

地震属性在碳酸盐岩储层预测中, 与井吻合程度最高的为波形类及频率类属性, 其次是振幅类属性及波阻抗反演成果。在具体运用部署井位时, 必须综合使用上述技术, 才能提高储层预测精度, 降低钻探风险。

参考文献:

[1] 刘伟方, 于兴河, 何琼英, 等. 地震属性在 SU 气田开发中的应

用[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(6): 862-867.

[2] 印兴耀, 韩文功, 李振春, 等编著. 地震技术新进展[M]. 东营: 中国石油大学出版社, 2006.

[3] Quincy Chen and Steve Sidney. Seismic attribute technology for reservoir forecasting and monitoring [J]. The Leading Edge, 1997, 445(5): 447-448.

[4] Uwe Strecker, Maggie Smith, Richard Uden, et al. Seismic attribute analysis in hydrothermal dolomite, Devonian Slave Point Formation, Northeast British Columbia, Canada [A]. In: SEG Technical Program Expanded Abstracts [C]. 2004: 378-381.

[5] 张永生. 波形分析在碳酸盐岩储层预测中的应用[J]. 石油物探, 2004, 43(2): 135-138.