

文章编号:0253-9985(2010)01-0049-05

分频解释技术在塔河油田储层预测中的应用

朱定,孙素琴,蒋进勇

(中国石油化工股份有限公司 西北油田分公司 石油勘探开发研究院,新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:塔河油田石炭系卡拉沙依组砂体埋藏深、厚度薄、横向变化大,砂体预测描述困难。利用分频技术对卡拉沙依组薄砂层进行了识别与描述,通过特定频率的相位,揭示了砂组多期沉积的边界,并利用调谐亮点对砂组的分布范围进行了追踪,通过首峰频率估算了砂组的厚度。分频解释技术达到了薄砂岩储集层的识别目的,提高了储层预测的精度。

关键词:分频解释;薄层砂岩;砂体描述;储层预测

中图分类号:122.2

文献标识码:A

Application of frequency division interpretation technique to reservoir prediction in Tahe oilfield

Zhu Ding, Sun Suqin, and Jiang Jinyong

(Petroleum Exploration & Production Research Institute, SINOPEC Northwest Company, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: Sandbodies in the Carboniferous Kalashayi Formation in the Tahe oilfield are characterized by deep burial depth, small thickness and great lateral variation, which makes it hard to predict them. In this paper, the frequency division interpretation technique is used to identify and characterize thin sandstones in the Kalashayi Formation. Boundaries of multi-stage deposits in the sandstone unit are identified by using the phase of certain frequency. The distribution of sandstone is traced according to tuning “bright spot” and the thickness of sandstone is calculated according to the frequency of first peak. The frequency division interpretation technique can successfully identify thin-sandstone reservoirs and improves the accuracy of reservoir prediction.

Keywords: frequency division interpretation, thin sandstone, sandbody characterization, reservoir prediction

塔河油田石炭系主要含油气层段是卡拉沙依组砂泥岩互层段,该油气层段埋藏深度一般在5 000 m以下,砂体厚度一般为10 m以下,沉积相类型为潮坪、潮道沉积,砂体储层横向分布不稳定,且连通性差^[1,2]。利用常规振幅、频率等地震属性进行砂体储层预测描述非常困难。

分频解释就是通过傅立叶变换将地震信号从时间域变换到频率域,利用不同频率对不同尺度地质体之间存在不同的响应特征认识地质体,从而进行地震解释的一种有效技术。该技术在理论上主要是依据薄层反射的调谐原理^[3~6]。分频解释技术的应用改变了过去以地震子波主

频定义的调谐厚度的概念。分频技术能够提供三维地震资料的多尺度信息对储层进行高分辨率成像,并能够刻画储层时间厚度和横向分布范围。该技术可应用于描述沉积相和沉积环境,如检测河道砂体和成像侵蚀充填砂体的空间分布以及储层厚度的预测^[7~10]。针对塔河油田石炭系卡拉沙依组薄砂岩储层预测描述的难题,尝试应用了分频解释技术。该方法的实际应用,提高了储层预测精度,取得了较好的效果,为薄砂岩储层横向预测提供了一种新的方法,为卡拉沙依组的勘探开发提供了技术支撑。

1 分频解释技术方法原理

分频解释技术的主要依据是油气储层的高频吸收特性和薄层反射的调谐原理。油气储层的高频吸收特性是指当地震波经过含油气储层时,其高频成分能量衰减较地震波通过不含油气储层时严重^[11~17]。调谐原理是当薄层厚度增加至四分之一波长的调谐厚度时,反射振幅达到最大值。然后,随着薄层厚度的增加反射振幅逐渐减小。当顶底截面相差二分之一波长时,顶底反射相消,振幅谱振幅达到最小即陷频现象。通过薄层模型反射系数序列时频分析,薄层的双程时间厚度是其频率域频谱周期的倒数,这种关系为我们求取薄层的厚度提供了新的途径。下面通过薄层模型的频谱特征论述利用分频信息得到薄层厚度的方法。

设薄层的反射系数序列 $x(n)$ 为

$$x(n) = \begin{cases} -r & n = 0 \\ r & n = \tau_0 \end{cases} \tag{1}$$

其中: τ_0 为薄层双程反射时间; n 为反射界面序列; r 为薄层界面的反射系数。对 r 作离散傅氏变换,得到其振幅谱 $X(f)$:

$$X(f) = 2r | \sin \pi f \tau_0 | \tag{2}$$

设计如图 1 的一个楔形模型,其双程反射时间由 0 增加到 50 ms,利用公式(2)计算得到楔形模型反射系数的频谱见图 1。从图 1 可以看出,频谱周期即时间厚度倒数变化与层厚变化相反。同样,对于任一频率,储层厚度是调谐波长的整数倍

时,对应振幅达到调谐振幅;可以看到在沿任意频率切片的位置,振幅呈高低交替变化形式,频率越高,变化次数越多,该变化也能说明储层厚度的变化。对塔河油田石炭系卡拉沙依组 II 砂层组进行分频处理得到的调谐频率平面如图 2,可见随着储层厚度变薄,调谐频率的周期变大。

选取楔形模型不同反射时间(5,10,20 ms)位置上对应的频谱曲线(图 3),频谱的周期为薄层双程反射时间的倒数,则频谱曲线的首峰频率

$$f_0 = \frac{1}{2\tau_0} \tag{3}$$

假设薄层速度为 v ,则可利用首峰频率求取薄层的厚度 d :

$$d = v\tau_0/2 = vf_0/4 \tag{4}$$

利用公式(4)即可估算砂体厚度。

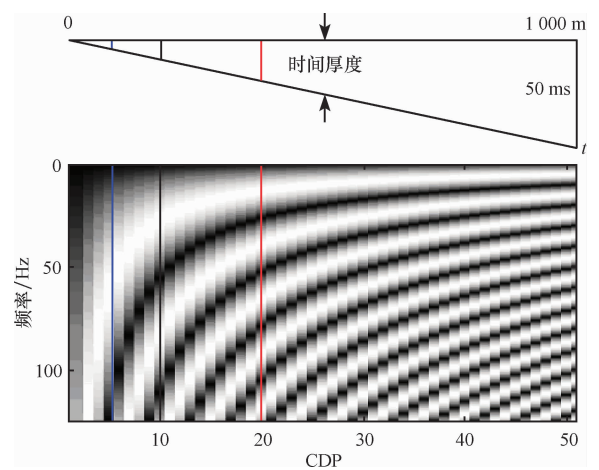


图 1 楔形模型及反射系数的频谱
Fig. 1 Wedge model and the spectrum of reflection coefficient

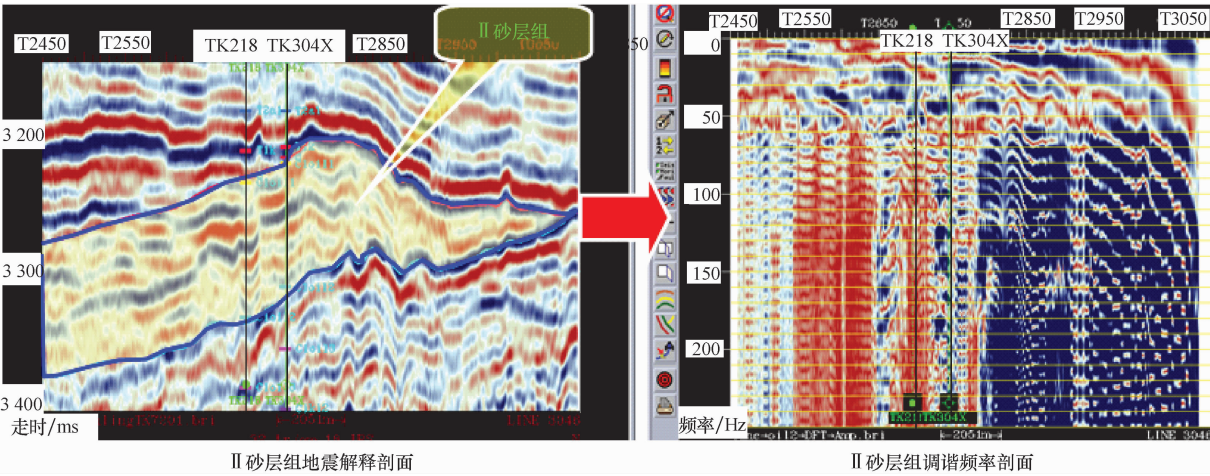


图 2 卡拉沙依 II 砂层组分频解释剖面

Fig. 2 Profiles of the sandstone unit II in the Kalashayi Formation interpreted with the frequency division technique

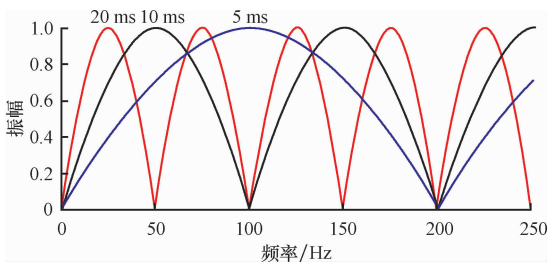


图3 薄层的频谱响应曲线

Fig. 3 Spectrum response curves of thin layers

2 谱分解的实际应用

2.1 应用方法

分频处理首先对各地震道记录进行频率扫描,从而了解反射波的各个频率的能量分布情况及频带的宽度,确定频带范围,然后对各砂层组进行调谐分析,对调谐响应为亮点的产层进行标定,然后在小时窗内对标定的产层进行调谐分析。一定频率的振幅调谐体对不同厚度薄层的刻画是不同的,当薄层的调谐频率与振幅调谐体的频率相同时,薄层干涉特征最明显。而利用不同频率成分的相位信息,能够迅速而有效地确定不连续的地下地质体边界。

2.2 卡拉沙依组砂体预测

塔河油田石炭系是在早古生界基础上形成的海陆交互相地层,分巴楚组和卡拉沙依组。主要含油气层段是卡拉沙依组砂泥岩互层段,该油气层段具有埋藏深度大,含油层段长,单层厚度小,

砂体储层横向分布不稳定,连通性差的特点。并且卡拉沙依组砂泥岩段测井响应特征不明显,阻抗类属性对砂、泥岩响应的相对变化小,目的层段砂、泥岩阻抗属性叠置率高。前期研究成果将砂泥岩段划分为四个砂层组,自下而上分别为Ⅳ,Ⅲ,Ⅱ,Ⅰ砂层组,本次研究沿用前期四分的方案和表示方法。鉴于砂层组地层划分难点,研究采用了测井曲线环境校正、归一化处理、时深转化、子波改造、井震标定、多井联合对比等手段对砂组重新标定。经过这一系列处理使井震相关性增大,使得砂组解释合理准确(图4)。

根据地震解释成果将各砂层组隔离出来并沿底面拉平,然后对各砂层组进行调谐分析,对调谐响应为亮点的产层进行标定,然后在小时窗内对标定的产层进行调谐分析,利用得到的首峰、最大峰频率等属性资料,对砂体展布范围和厚度进行了预测和估算。通过对Ⅱ砂层组进行分频处理,在15 Hz调谐体相位平面上很清楚的揭示了Ⅰ砂组尖灭线(图5),其中粉色粗线是利用分频相位追踪的Ⅰ砂组尖灭线,黑细线是常规解释在时间域追踪的Ⅰ砂组尖灭线。在工区西部TK211井区和中部TK305井区,二者差异较大,其它部分基本吻合,经分析相位揭示的Ⅰ砂组尖灭线更合理,与钻井结果吻合的好。利用相位信息,同样能够揭示其它砂组的分界和相带的变化,为各砂组的解释提供了依据,因而提高了解释的精度。

利用分频信息,刻画描述了研究区7套砂体的分布范围,并估算其砂体厚度。分频聚焦手段揭示研究区东部Ⅳ砂层组顶部存在一明显枝状-

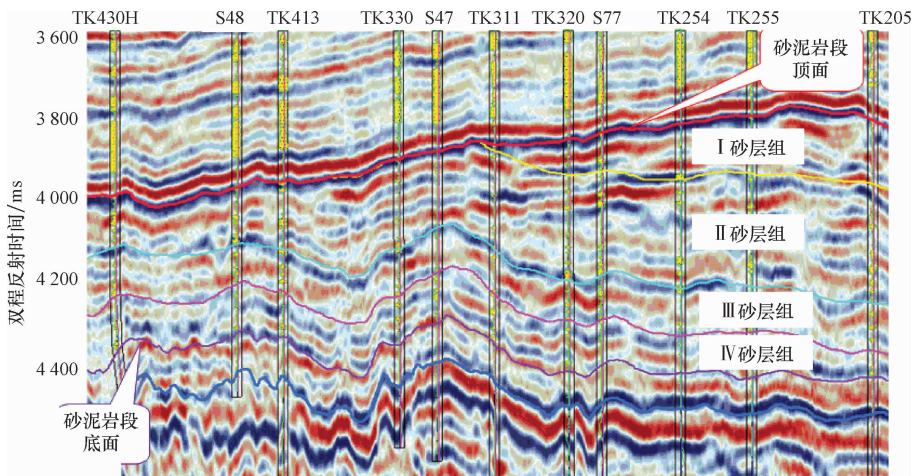


图4 卡拉沙依砂组多井联合对比层位标定

Fig. 4 Horizon calibration of the Kalashayi Formation through multiple well correlation

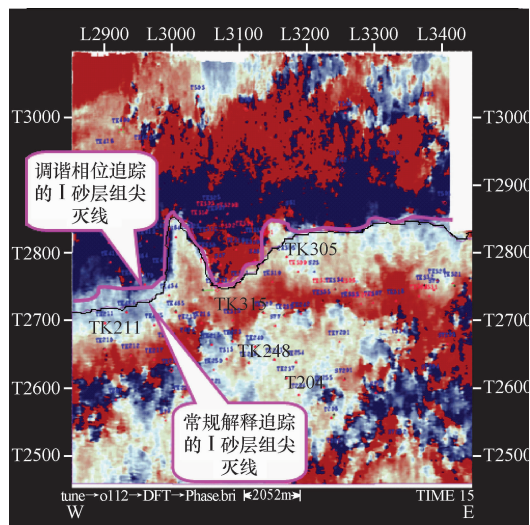


图 5 II 砂层组 15 Hz 调谐体相位揭示 I 砂层组尖灭线
Fig. 5 Pinchout boundary of the sandstone unit I revealed by 15 Hz tuning phase of the sandstone unit II

扇状调谐体(图 6),推测是河道砂体—扇砂体的反映。根据调谐切片反映的异常范围和调谐初始峰值频率对IV₁扇砂体展布范围和厚度进行了预测和估算,该砂体面积约为 5.71 km²,使用三维可视化振幅异常体追踪方法,通过播撒种子点对振

幅幅值 20 000 ~32 767 范围的强振幅进行了体追踪,雕刻出了异常范围和时间厚度,利用三维速度模型进行了顶面构造图和厚度图描述(图 7)。最后给出了IV₁的两个圈闭的构造要素表(表 1),并以该砂组为目的层提供了一口建议井 Sand41。谱分解技术在卡拉沙依组薄砂层识别及厚度估算方面的应用表明该技术能够提高地震解释分辨率,从而达到识别薄砂岩储集层的目的,为油田提供有利的勘探目标。

3 结论

地震分频解释技术在塔河油田卡拉沙依组储层预测中的应用表明,该技术可以利用地震资料的不同频率的频谱和相位信息,刻画砂体储层的分布范围和时间厚度的变化。该技术在刻画地质体宏观特征及其边界、识别复杂地层结构中薄储层等方面,效果均优于常规属性分析方法,储层预测的精度得到了较大的提高。该方法的实际应用,为薄砂岩储层横向预测提供了一种新的方法,为卡拉沙依组的勘探开发提供了技术支撑。

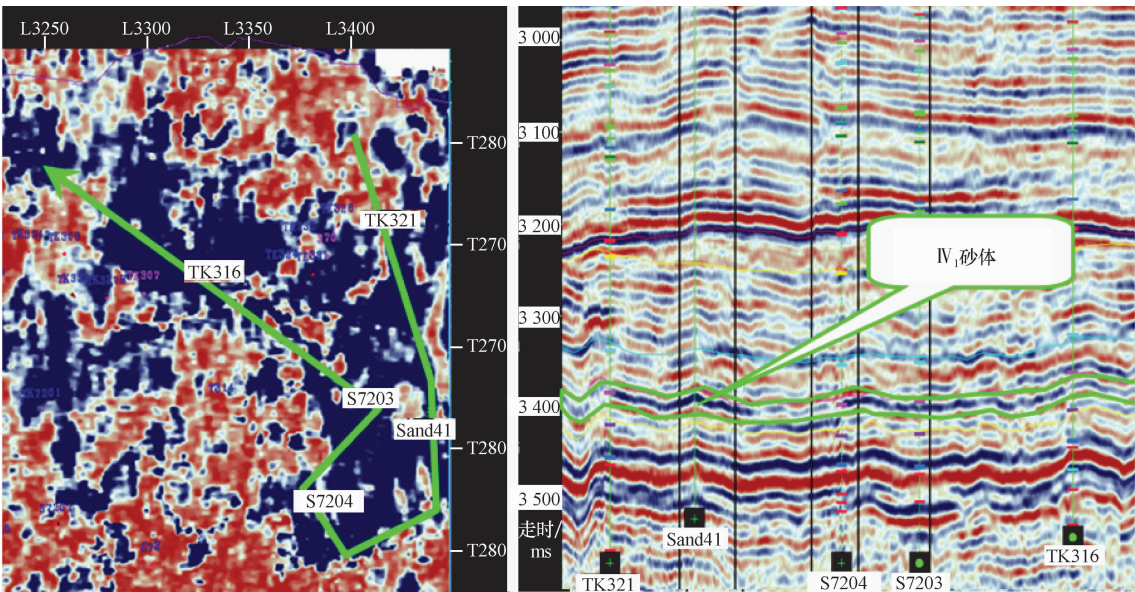


图 6 谱分解法调谐亮点追踪IV₁砂体范围
Fig. 6 Delineation of sandbody IV₁ by tuning “bright spot” of the frequency division method

表 1 砂体构造圈闭要素

Table 1 Structural trap elements of sandbodies						
砂体编号	圈闭编号	建议井名	地震深度/m	预测厚度/m	高点深度/m	面积/km ²
IV ₁ 砂体	Sand41	Sand41	4 287	14	4 285	0.84

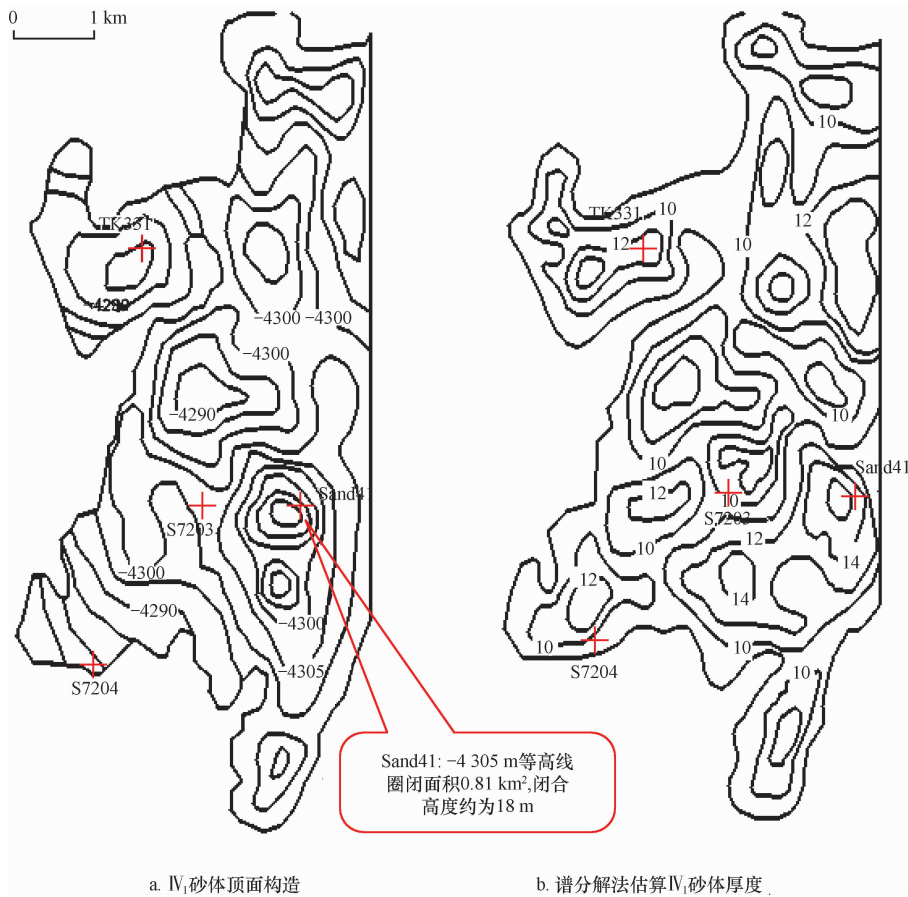


图7 谱分解法调谐亮点刻画IV₁砂体范围

Fig.7 Delineation of sandbody IV₁ by tuning “bright spot” of the frequency division method

参 考 文 献

1 宋杉林. 新疆塔河油田石炭系卡拉沙依组储层特征及油气分布[J]. 沉积与特提斯地质,2002,22(2):53~57

2 樊怀阳. 塔河油田卡拉沙依组砂组沉积相与储层研究[J]. 新疆地质,2004,22(4):417~421

3 Partyka G,Gridley J. Interpretational application of spectral decomposition in reservoir characterization[J]. The Landing Edge, 1999,18(3):353~360

4 史燕红,边立恩,贺振华. 最优化广义S变换及其在油气检测中的应用[J]. 石油与天然气地质,2009,30(2):236~239

5 毕研斌,龙胜祥,郭彤楼,等. 应用频率衰减属性预测TNB地区储层含气性[J]. 石油与天然气地质,2007,28(1):116~120

6 李明娟,张永贵,郭兴威,等. 塔河南部地区碳酸盐岩油气预测技术研究[J]. 石油与天然气地质,2006,27(4):536~541

7 李小梅,俞娟丽. 时频分析技术在层序旋回划分中的应用[J]. 石油与天然气地质,2008,29(6):793~796

8 石万忠,李举子,李梦溪,等. 时频分析在高分辨率层序地层学中的应用[J]. 石油与天然气地质,2001,22(3):234~237

9 唐文榜,刘来祥,樊佳芳,等. 溶洞充填物判识的频率差异分析

技术[J]. 石油与天然气地质,2002,23(1):41~44

10 叶泰然,苏锦义,刘兴艳. 频解释技术在川西砂岩储层预测中的应用[J]. 石油物探,2008,47(1):72~76

11 盛秋红,肖兰雄. 频谱成像技术在采穴构造储层预测中的应用[J]. 石油与天然气地质,2008,29(1):141~145

12 范洪军,李军,肖毓祥,等. 地震频分技术在扇三角洲演化过程中的应用[J]. 石油与天然气地质,2007,28(5):682~686,692

13 Zhang Jinghua,Chapman M. Application of spectral decomposition to detection of dispersion anomalies associated with gas saturation[J]. The Landing Edge,2006,25(2):206~210

14 陈广军. 小波分析技术在薄砂岩储集层描述中的应用[J]. 石油物探,2002,41(1):95~99

15 Haedy H H,Beier R A,Gaston J D. Frequency estimates of seismic traces[J]. Geophysics,2003,68(1):370~380

16 Hall M. Predicting bed thickness with cepstral decomposition[J]. The Landing Edge,2006,25(2):199~202

17 董臣强. 频谱分解技术在三角洲层序分析中的应用[J]. 断块油气田,2002,9(2):18~20

(编辑 张亚雄)