

基于吸收滤波与 AVO 技术的地震烃类检测技术

赵皓¹ 冯全雄^{1,2} 黄兆林³ 杨平华¹

(1.中海石油特普高科技公司 2.中国地质大学·北京 3.中海石油能源投资有限公司)

赵皓等.基于吸收滤波与 AVO 技术的地震烃类检测技术.天然气工业,2007,27(10):46-48.

摘 要 为进一步提高海上油气勘探的准确性,有必要利用更有效的油气预测方法来降低勘探风险,从而提高勘探成功率。传统的亮点、暗点烃类指示方法对低信噪比资料并不能取得很好的效果,而 AVO 方法也因其苛刻的使用条件而使其油气预测效果并不很好。针对这个问题,提出联合利用地震频率信息和振幅信息的 Proni 吸收滤波技术与 AVO 技术的方法来进行地层的含油气性检测,利用碳氢指示、属性交会等技术方法探测烃类异常,最后通过在南海西部某区域的烃类检测中应用并取得了很好的效果,证明了联合利用地震频率吸收属性和 AVO 效应可以更好地进行油气预测。

关键词 烃类检测 滤波 AVO 频率 振幅 技术

一、引 言

烃类检测技术是指利用地震反射(或折射)特征寻找油气藏的方法,包括亮点技术、AVO 技术、合成声测井技术、纵横波速度比技术等。利用地震叠前振幅信息进行油气检测的 AVO 方法,是一种有代表性的烃类检测方法,已经在众多油气田的成功勘探开发中起到了重要的作用。但现今使用的多种 AVO 反演方法都是基于佐普里兹方程的近似形式,其合理的应用必须满足多项假设条件,而这些条件给实际油气勘探带来了很多的不确定性,从而使 AVO 方法在某些区域的油气勘探中并不准确。针对这个问题,通过联合利用基于振幅信息进行烃类检测的 AVO 技术和利用地层频率信息进行油气检测的 Proni 变换吸收滤波技术,对一实际构造复杂区域进行油气检测,为复杂构造区域的油气预测提供了一种新的思路。

二、基本原理

1.吸收滤波烃类检测技术

频率是反映物质特性的最基本的物理属性之一。对于地层介质,由于它的沉积层序结构不同,每层的厚度、密度、组成的岩石成分不同,及其孔隙度、渗透率和所含流体性质的不同,必然造成地震波的反射频率有所不同。地震波经过含油气地层后,其高

频成分会有较大损失,因此研究地震频率变化情况的吸收分析技术已成为油气检测的主要手段之一。

(1) Proni 变换原理

Proni 变换是一种广义的 Fourier 分析,它使用阻尼谐波复指数项来描述所观测到的数据。Proni 变换将地震信号看作为带有振幅、衰减、频率和相位等 4 个参数的一系列衰减正弦函数的和(见图 1)。

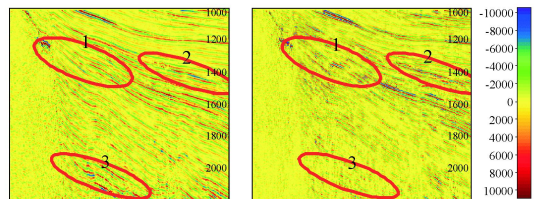


图 1 Proni 滤波主频剖面和高频吸收剖面对比图(1~2.2 s)

每一个分量由 4 个实参数确定(即振幅、频率、衰减和相位),其数学表达式如下:

$$X_n = \sum_{k=1}^{P/2} A_k \cdot e^{d_k(n-1)} \cos[2\pi f_k(n-1) \cdot t + \theta_k]$$

式中: A 为振幅; f 为频率; θ 为相位; α 为衰减; $P/2$ 为阻尼正弦值的个数。

(2)吸收滤波及解释方法

基于 Proni 变换的滤波(亦称吸收滤波),类似于基于 Fourier 变换的带通滤波,但与之不同的是,Proni 滤波不是只用频率一个参数,它使用频率和衰减因子进行目标区域的滤波。利用该方法能有效地

从高频和低频混合的信号中,分离出高频信号。而有效的分离高频信号,有助于在地震资料处理中提高信号在时间域和空间域的分辨率,同时得到与介质不同吸收特性相关的其他信息。

实践证明,在地震资料处理中,通常混在波场低频分量中的高频成分可以被分离出来了,并且可以相当有效地显示出高频地震能量衰减异常带。这些衰减异常带对于研究介质结构或油气沉积结构是非常重要的,把这些资料与井资料相结合可以详细地确定油气藏和预测含油气远景区的位置,勾画出油气沉积体并详细地描述它们的结构。

2. AVO 综合分析技术

(1) 叠前道集 AVO 异常分析

利用三类 AVO 异常的特征直接在叠前道集上根据振幅变化和偏移距的关系分析出对应位置的油气特征。

(2) 碳氢指示剖面分析

碳氢指示剖面(即 PxG 剖面)是利用两项式 Aki-Richards 方程得到截距 P (法线反射系数)和梯度 G ,再利用 Rutherford/Williams 的 AVO 异常分类方式可知当存在烃类异常时, P 与 G 均位于第一、三象限,则 P 与 G 乘积为正的极大值即为烃类异常指示。

(3) 属性交会分析

属性交会方法是 AVO 分析的主要方法之一,属性参数的变化是由多种因素引起的,有的是因为岩性变化,有的是因为孔隙流体的变化。不同的属性有不同的变化规律,根据含气地层引起的属性变化的共性,可以判断地层的含气性,达到识别和预测气藏的目的。在 6 种基本的 AVO 属性交会图的基础上,再利用经吸收滤波得到的高频吸收剖面与 AVO 属性剖面进行交会,能更准确地进行烃类的检测。

三、实际应用

以南海某区的一条二维测线为例,从该偏移剖面上可以看到断层上盘 1 s 左右位置存在强反射的火成岩体,并且在其下部存在着多处亮点强振幅异常,因而为了判别该处是否存在油气储集,笔者联合 AVO 方法与 Proni 吸收滤波方法对该区域进行烃类检测。

1. 利用吸收滤波技术烃类检测

(1) 标准谱分析

通过对本工区目的层段(1~3 s)的标准谱分析可以得出该剖面目的层段主频约为 35 Hz,而高频段

则位于 70 Hz 左右,频宽约为 70 Hz。

(2) Proni 变换和吸收滤波

通过对主频剖面的 Proni 滤波效果的测试,确定出 Proni 分解的最优参数:步长 $\Delta\tau$ 为 0.041 s、频宽 ΔW 为 12 Hz、衰减因子后 $\Delta\alpha$ 为 100,用以对目的频段进行滤波分析。依照此方法笔者分时窗对 1~2.2 s 和 2~3.2 s 记录得到了主频 50 Hz 的地震剖面和高频段 75 Hz 的 Proni 滤波剖面。

从主频剖面和高频剖面的结果对比可以发现在 1~2.2 s 的时窗范围内存在着 3 处明显的吸收异常区域,表现为其对应的主频剖面具有较强的振幅,而相应的高频剖面振幅连续性明显减弱(异常 1、2)和某些同相轴被完全吸收的现象(异常 3),通过吸收滤波的解释方法认为,这些区域可能存在着油气聚集或者构造作用所引起的吸收现象。

2. AVO 分析

在吸收滤波预测的含烃类范围的结果上,再利用传统的 AVO 分析方法:①碳氢指示剖面识别异常;②在碳氢指示剖面的基础上,结合原始偏移剖面 and 道集数据分析检验地震剖面上亮点异常位置是否存在 PxG 碳氢指示,同时该位置对应道集的同相轴形态是否存在烃类引起的 AVO 异常现象。发现在已通过吸收滤波圈定的异常 1 与 2 位置的道集既具有碳氢指示并且存在明显的第三类含气 AVO 指示(振幅为负极性,反射同相轴的振幅随偏移距离增大而明显增大)。说明该两处确实存在含油气可能性,并确认异常 3 为假异常。

3. AVO 与吸收滤波属性的联合交会

通过 AVO 方法和 Proni 吸收滤波方法对本工区进行烃类检测,一共得到 2 处 AVO 异常和 3 处吸收滤波异常,为了研究结果的确定性,选取 AVO 方法中的碳氢指示剖面与吸收滤波方法中的高频吸收剖面进行属性交会,选取代表烃类异常的属性范围(高碳氢值、弱高频振幅值)进行交会分析,并在交会得到异常剖面上确定烃类异常范围(图 2)。

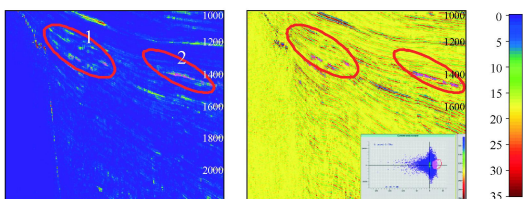


图 2 碳氢指示剖面和频吸收剖面异常交会图

通过比较可以发现,用此方法确定的异常范围和通过 AVO 方法得到的异常范围一致,而无吸收滤

波方法确定的第3号异常,但通过对比原始剖面发现3号异常区域位于断层的影响范围类,而地层断裂时产生的疏松孔隙和充填物也是产生较强吸收效应原因之一。据此最终确定了该剖面的可能烃类异常分布范围,而预测结果与临近测井结果保持了很好的一致。

四、结束语

基于叠前振幅信息的AVO反演技术在油气预测中有广泛的作用,但其准确性取决于众多前提条件,所以在应用中应仔细求证。而Proni吸收滤波方法作为一种非线性的滤波技术,其谐波具有的多尺度分辨能力能更好地刻画地震信号在时间和空间上的分布,从而能更好地利用地震频率信息对地下的油气聚集、裂缝发育作出预测,因此可以作为AVO烃类预测的有效补充。综合应用基于地震信

号频率信息和含油气造成的高频吸收响应的Proni吸收滤波技术,以及基于利用地震信号振幅信息的AVO技术,可以更有效地进行油气检测并提高预测准确度。

参 考 文 献

- [1] 陆基孟.地震勘探原理[M].东营:石油大学出版社,1993.
- [2] 杜世通.地震技术识别与描述超薄储层的潜力与局限[J].石油地球物理勘探,2005,40(6):652-662.
- [3] 许多,李正文,甘其刚.AVO在复杂碳酸盐岩储层中的应用[J].天然气工业,2004,24(12):54-56.
- [4] 张洪波,王伟,顾汉明.高精度地震属性储层预测技术研究[J].天然气工业,2005,25(7):35-37.

(收稿日期 2007-03-22 编辑 韩晓渝)