

文章编号: 1001—1749(2011)03—0273—07

## P-SV 波 AVO 响应特征影响因素分析

刘思思<sup>1</sup>, 牛滨华<sup>1</sup>, 孙春岩<sup>2</sup>, 贾冀辉<sup>1</sup>, 杨 奎<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学 地球物理与信息学院, 北京 100083;

2. 中国地质大学 工程技术学院, 北京 100083)

**摘 要:** 为了使响应特征更为明确, 便于进行 AVO 分析和岩性参数的反演, 这里针对 P-SV 波反射系数近似公式, 分别对四个理论模型进行了定量计算, 并与 Zoeppritz 方程精确解进行了精度对比分析。结果表明: 当小角度入射时, 近似公式有很高的近似精度。最后用四类 AVO 类型进行了 P-SV 波 AVO 正演, 详细地分析了影响转换波 AVO 响应特征的根本因素, 其主要对横波波阻抗最敏感, 这对基于 P-SV 波的 AVO 反演精度的提高及多解性的降低具有重要的意义。

**关键词:** P-SV 波; 能量分布; 反射系数; AVO 正演

**中图分类号:** P 631.4 **文献标识码:** A

### 0 前言

AVO 技术是以弹性理论为基础, 在叠前道集上对地震反射振幅随偏移距变化的特征和规律进行研究, 并对地下反射界面上覆、下伏介质的岩性特征, 以及物性参数做出分析, 进而对油气储层的岩石物性及含气性等, 做出预测和判断的一项地震勘探技术。

在七十年代的“亮点”技术运用于地震勘探进行烃类检测时, 烃类检测的能力得到显著增强。然而, 随着烃类检测的逐步深入, 人们发现除了对烃类检测有用的“真亮点”外, 实际生产中还经常遇到起干扰作用的“假亮点”。如何区分真假“亮点”? 这唤起了人们对 AVO 的重新思考, 这标志着 AVO 技术的真正产生<sup>[1]</sup>。

随着人们重新对 AVO 的思考, AVO 技术开始加速发展。Goodway 设计出了经典的 Goodway 模型, 并将 AVO 技术运用于反演工作, 用于确定储层的泊松比等弹性参数。随着实际生产运用的需要, 不少学者开始从理论上研究 AVO 技术, 逐渐出现

了 Zoeppritz 方程的各种简化公式。他们给出了各种公式的运用条件, 精度误差分析, 主要用途等。出现的主要近似公式有 Aki 公式(1980)、Shuey 公式(1985)、Hilterman 公式(1999)等。此外, 我国学者也对 AVO 进行了大量的研究, 主要的代表人物有殷八斤(1995)、陈信平(1997)、徐仲达(1991)、郑晓东(1991)、杨绍国(1994)、孙鹏远(2002)等, 他们也各自给出了 Zoeppritz 方程的一些简化公式<sup>[12]</sup>。

AVO 技术包括了 P-P 波的 AVO 分析技术和 P-SV 的 AVO 分析技术。前者主要是利用入射的 P 波经界面反射后, 在地表接收反射的 P 波, 接着对其作 AVO 分析。它是目前较为流行并且发展相对成熟的一种 AVO 分析方法。而 P-SV 波的 AVO 分析技术, 则是在 P 波入射后, 经界面反射并发生波型转换后, 在地表接收 SV 波, 并对其作 AVO 分析。目前, 这种方法发展的并不是很成熟<sup>[1]</sup>。

### 1 P-SV 转换波反射系数近似公式

无论是 P-P 波还是 P-SV 波的 AVO 分析,

收稿日期: 2010-11-01

改回日期: 2011-03-18

其理论基础均为 Zoeppritz 方程<sup>[2]</sup>。Zoeppritz 方程描述了当平面波入射到二个弹性介质分界面上时,反射波和透射波反射系数随入射角改变而变化的关系,并给出了转换波反射系数的精确计算方法。为了研究问题的方便,不少学者提出了 P-SV 波的各种 AVO 近似公式,为 P-SV 波的 AVO 反演奠定了基础。具体来看主要有如下几种<sup>[3]</sup>。

### 1.1 Aki 近似公式

(1) 公式形式及参数意义。P-SV 波的反射系数<sup>[4]</sup>可以近似表示为式(1)。

$$R_{ps} = \frac{-\sin\theta_1}{2\cos\theta_{11}} \left\{ \left( 1 - 2 \frac{V_s^2}{V_p^2} \sin^2\theta_1 + 2V_s^2 \frac{\cos\theta_1}{V_p} \frac{\cos\theta_{11}}{V_s} \right) \frac{\Delta\rho}{\rho} - \left( 4 \frac{V_s^2}{V_p^2} \sin^2\theta_1 - 4V_s^2 \frac{\cos\theta_1}{V_p} \frac{\cos\theta_{11}}{V_s} \right) \frac{\Delta V_s}{V_s} \right\} \quad (1)$$

式中  $V_p = (V_{1p} + V_{2p})/2$ 、 $V_s = (V_{1s} + V_{2s})/2$  及  $\rho = (\rho_1 + \rho_2)/2$  均为界面上覆和下伏介质弹性参数的平均值;  $\Delta V_p = V_{2p} - V_{1p}$ 、 $\Delta V_s = V_{2s} - V_{1s}$ 、 $\Delta\rho = \rho_2 - \rho_1$  均为界面上覆和下伏介质弹性参数的差值;  $\theta_1$  为 P 波入射角和透射角的平均值;  $\theta_{11}$  是 SV 波反射角和透射角的平均值。  $\theta_1$  及  $\theta_{11}$  满足关系式(2)。

$$\sin\theta_1/V_p = \sin\theta_{11}/V_s \quad (2)$$

(2) 适用条件。在反射系数  $R_{ps}$  表达式中,比值  $\Delta V_s/V_s$  较之比值  $\Delta V_p/V_p$  和  $\Delta\rho/\rho$  有增大的趋势,这意味着横波的扰动在反射弹性波中是有作用的。如果角度接近  $90^\circ$ ,此近似公式将不成立。因为这时只要速度出现小的变化,将导致角度的大变化,甚至出现波发生全内部反射的情况。Aki 公式强调的是岩石弹性参数变化量  $\Delta V_s/V_s$ 、 $\Delta V_p/V_p$  和  $\Delta\rho/\rho$ ,常用于对岩石弹性的定性分析。

### 1.2 Ramos 近似公式

(1) 公式形式及参数含义。 $R_{amos}$  近似公式<sup>[5]</sup>可表示为式(3)。

$$R_{ps} \approx A \sin\theta + B \sin^3\theta \quad (3)$$

$$\text{式中 } A = -\frac{1}{2} \left( \frac{V_{1p} V_{2s} \rho_2 \Delta\rho + 2\rho_1 \Delta\mu}{I_p I_s} \right)$$

$$B = \frac{\Delta\mu}{V_{1p}^3 R_p R_s} [M_1 + M_2 + M_3 + M_4 (M_5 + M_6 + M_7)]$$

$$\text{其中 } M_1 = \frac{4(\rho_2 + \Delta\rho)}{V_{1s}}$$

$$M_2 = \frac{2[(V_{2p}^2 + V_{2s}^2)\rho_1 - 4\Delta\mu]}{V_{2p} V_{2s} V_{1s}}$$

$$M_3 = \frac{V_{1p}^2}{V_{1s} \Delta\mu} (\rho_2 \Delta\rho + \frac{2\rho_1 \Delta\mu}{V_{2p} V_{2s}})$$

$$M_4 = \left( \frac{2}{V_{1s} R_p R_s} \right) \left( 2 \frac{\rho_1}{V_{2p} V_{2s}} + \rho_2 \frac{\Delta\rho}{\Delta\mu} \right)$$

$$M_5 = \left( \Delta\rho - \frac{2\Delta\mu}{V_{2p} V_{2s}} \right) \left( \Delta\rho - \frac{2\Delta\mu}{V_{1p} V_{2s}} \right)$$

$$M_6 = R_s \left( \frac{4\Delta\mu - V_{2p}^2 \rho_1}{2V_{2p}} - \frac{4\Delta\mu + V_{1p}^2 \rho_2}{2V_{1p}} \right)$$

$$M_7 = R_p \left( \frac{4\Delta\mu - V_{2p}^2 \rho_1}{2V_{2s}} - \frac{4\Delta\mu + V_{1s}^2 \rho_2}{2V_{1s}} \right)$$

$$R_p = \frac{2I_p}{V_{1p} V_{2p}}$$

$$R_s = \frac{2I_s}{V_{1s} V_{2s}}$$

$$I_p = \frac{V_{1p} \rho_1 + V_{2p} \rho_2}{2}$$

$$I_s = \frac{V_{1s} \rho_1 + V_{2s} \rho_2}{2}$$

$$\Delta\mu = V_{2s}^2 \rho_2 - V_{1s}^2 \rho_1$$

$$\Delta\rho = \rho_2 - \rho_1$$

(2) 适用性分析。Ramos 近似公式的最大优点就是在 Zoeppritz 方程的基础上直接进行泰勒展开,没有附加对弹性界面的限制,真正反应了反射振幅与入射角之间的近似关系。另外,该公式直接利用 P 波入射角的正弦,从而简化了复杂角度的大量计算。但该近似公式是以弹性界面两侧的密度、纵横波速度、剪切模量等多个参数表示的,公式表达形式复杂,且参数间关系不明确,因而不利于直接用于 AVO 分析和岩性参数反演。

### 1.3 郑晓东、杨绍国幂级数公式

(1) 公式形式及参数含义。公式<sup>[6]</sup>可表示如式(4)。

$$R_{ps} = R_1 \sin\theta + R_3 \sin^3\theta \quad (4)$$

式中

$$R_1 = \frac{4\rho_1^2 V_{1s}^2 + 2\rho_1 \rho_2 V_{2p} V_{2s} - 4\rho_1 \rho_2 V_{2s}^2 - 2\rho_2^2 V_{2p} V_{2s}}{(\rho_2 V_{2p} + \rho_1 V_{1p})(\rho_2 V_{2s} + \rho_1 V_{1s})}$$

$$R_3 = 2 \frac{V_{1s} + V_{2s}}{V_{1p} + V_{2p}} \left[ \left( \frac{1}{2} + \frac{3}{4} \frac{V_{1s} + V_{2s}}{V_{1p} + V_{2p}} \right) \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} + \left( 1 + 2 \frac{V_{1s} + V_{2s}}{V_{1p} + V_{2p}} \right) \frac{V_{2s} - V_{1s}}{V_{2s} + V_{1s}} \right]$$

其中  $V_{1p}$  和  $V_{2p}$ 、 $V_{1s}$  和  $V_{2s}$  分别为弹性界面上覆地层和下伏地层的纵横波速度;  $\rho_1$  和  $\rho_2$  分别为弹性界面上覆地层和下伏地层的密度;  $\theta$  为平面波入射角。

(2) 适用性分析。郑杨近似公式具有形式简单、物理意义明确和弹性参数关系清晰的特点,特别适合于 AVO 定量分析和理论的研究。利用该级数表达式,可以得到任意精度的近似公式,能够识别和分离纵波、横波,适用于界面两侧弹性参数变化较大的情形。另外,该幂级数表达式的系数仅是介质的密度和波速的函数,而幂级数的底则是入射角的函数,幂级数的常数项正好是垂直入射式的反射系数。因此,利用曲线拟合法则,即可以方便地实现地震物性参数的反演,并可以提取零偏移距剖面。

2 Zoeppritz 方程和 P-SV 波反射系数近似公式精度对比

为了对比分析各个近似公式的精度和稳定性,作者分别对四种不同的模型<sup>[7]</sup>(见表 1)进行定量计算。模型 1 为大纵横波波阻抗差模型,模型 2 为小纵横波波阻抗差模型,模型 3 为大纵波波阻抗差和小横波波阻抗差模型,模型 4 为小纵波波阻抗差和大横波波阻抗差模型。

2.1 能量关系

地震波传播的本质是能量的传播,波在界面上遵循能量守恒。从 Zoeppritz 方程可以得到界面上的能量平衡方程,定义入射波的能量为“1”,则反射波和透射波的能量和为“1”。

见下页,图 1 列出了四个模型的能量分布曲线。从图 1 中可以看出,反射 P 波和反射 S 波的能量曲线变化趋势正好相反。掌握了 P-SV 波能量的分布情况,则便于进行 AVO 分析和岩性参数的反演。

图 1(a)和图 1(c)表明,当 P 波入射到一种高速介质中时,能量分配是入射角的函数。在入射角较小时,所有的能量分别集中在反射 P 波和透射波中,所以不会产生 S 波。随着入射角的增加,一些能量进入反射或透射 S 波,但大部份能量仍然集中在 P 波。随着入射角逐渐靠近 P 波临界角,反

射 P 波的能量急剧增加,在到达临界角时,所有的能量集中在反射 P 波中。

图 1(b)的情况是界面上介质、下介质的纵波波阻抗差和横波波阻抗差很小,在入射角较小时,P 波和 P-SV 波的反射系数基本为零。在接近 P 波临界角时,透射 P 波的能量迅速降为零,主要能量集中在反射 P 波中,P-SV 波的能量很小。

从图 1(d)可以看出,P 波入射到一种低速介质中,在小入射角情况下,大部份能量集中在透射 P 波;随着入射角的增加,一些能量进入 S 波,而到达中等入射角时,反射 S 波的能量比反射 P 波的能量要大。入射角在接近 P 波临界角时,透射 P 波的能量急剧减小,如果入射角再增加,透射 P 波将消失。

2.2 P-SV 波反射系数近似公式精度对比

转换波反射系数精度对比如下页图 2 所示。由分析可知:当入射角小于 30°时,三个近似公式计算结果大致一致,其解能与 Zoeppritz 方程精确地吻合。在模型 2 中,当入射角小于 40°时,所有近似公式的解近似于精确解,在入射角达到 70°时,Aki 和郑杨近似公式的解仍然有较高的精度。

在小入射角的情况下,这三个近似公式与 Zoeppritz 方程的精确解误差较小,它们都可以在各自公式适合的条件下,处理解决实际的地震资料<sup>[8,9]</sup>。

3 四类 AVO 类型响应

众所周知,反射波的时距曲线为一条双曲线或近似双曲线。在地震资料处理时,要做动校正才能得到与地下界面相似的地震剖面。本次作 P-SV 波的 AVO 正演,我们将各道都视为自激自收道,亦即相当于已作动校正。这样一来,我们作正演时就只需将各炮检距(入射角)对应的 P-SV 波反射系数与雷克子波作褶积,即可得到对应的合成地震道。所得的正演图形为一条水平线而非双曲线。

表 1 四种模型的岩性参数  
Tab. 1 Properties of four models

模型 1			模型 2			模型 3			模型 4		
$V_p$ (m/s)	$V_s$ (m/s)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$V_p$ (m/s)	$V_s$ (m/s)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$V_p$ (m/s)	$V_s$ (m/s)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$V_p$ (m/s)	$V_s$ (m/s)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )
2438	1219	2.14	2898	1449	2.40	2400	1200	2.26	3500	2058	2.43
3500	1750	2.40	2800	1400	2.14	3200	1333	2.45	3300	1375	2.28

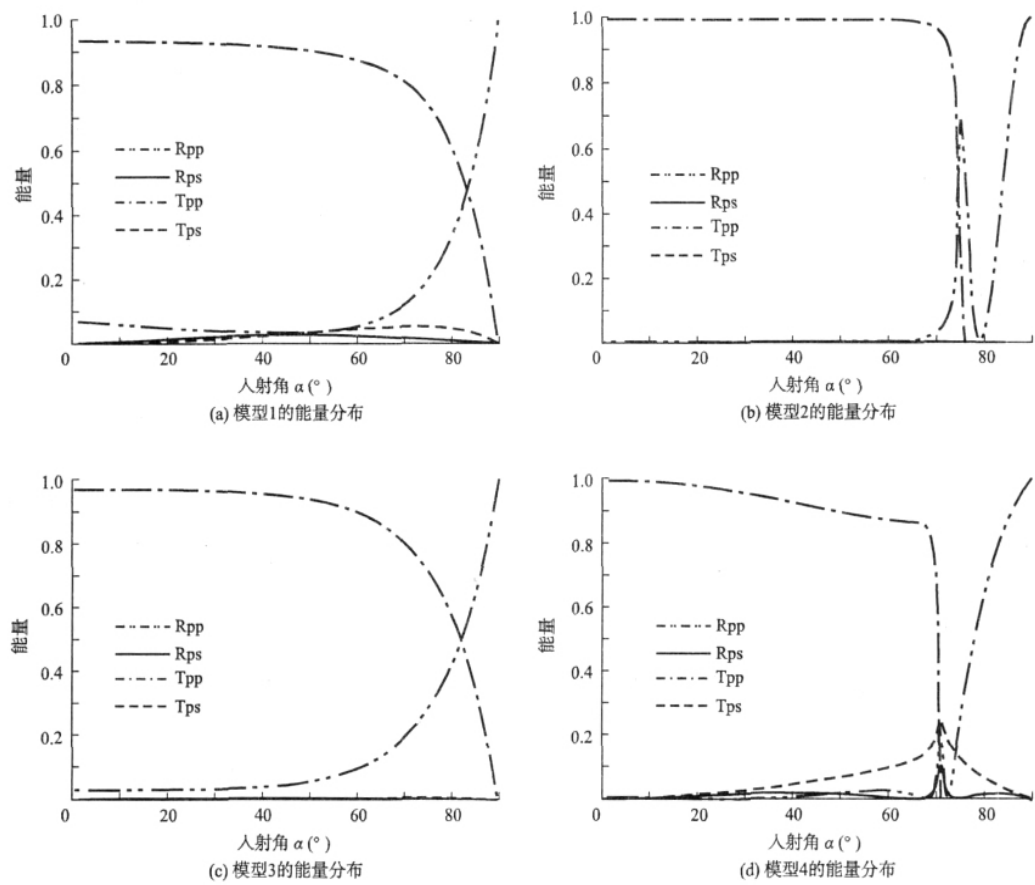


图 1 P 波入射情况下 纵波和横波的能量分配关系

Fig. 1 Distribution of the energy of P-Wave and S-Wave when incident wave is P-Wave

表 2 四类 AVO 类型的岩性参数

Tab. 2 Lithologic properties of four AVO models

分类	岩性	$V_p$ ( m/s )	$V_s$ ( m/s )	$\rho$ ( g/cm <sup>3</sup> )	$V_p/V_s$	$\nu$	$Z_p$ ( g/( s·cm <sup>2</sup> ) )	$Z_s$ ( g/( s·cm <sup>2</sup> ) )
1	页岩	3270	1650	2. 20	1. 98	0. 33	7194. 0	3630. 0
	盐水砂岩	4350	2340	2. 40	1. 86	0. 30	10440. 0	5616. 0
	气砂岩	4050	2380	2. 32	1. 70	0. 24	9396. 0	5521. 6
2	页岩	2670	1130	2. 29	2. 36	0. 39	6114. 3	2587. 7
	盐水砂岩	3050	1560	2. 40	1. 96	0. 32	7320. 0	3744. 0
	气砂岩	2840	1760	2. 08	1. 61	0. 19	5907. 2	3660. 8
3	页岩	2190	820	2. 16	2. 67	0. 42	4730. 4	1771. 2
	盐水砂岩	2140	860	2. 11	2. 49	0. 40	4515. 4	1814. 6
	气砂岩	1550	900	1. 88	1. 72	0. 25	2914. 0	1692. 0
4	页岩	3210	1600	2. 39	2. 01	0. 33	7671. 9	3824. 0
	盐水砂岩	2520	1200	2. 24	2. 10	0. 35	5644. 8	2688. 0
	气砂岩	1680	1150	2. 10	1. 46	0. 06	3528. 0	2415. 0

为了说明不同的 AVO 类型的正演特征 ,作者选择由 Castagna 等<sup>[10-12]</sup>给出的不同含油气砂岩模型进行 AVO 正演 ,分别计算得到了四个模型八个不同地层界面条件下的 P - SV 波 AVO 正演结果。四类 AVO 模型的参数和 AVO 正演结果 ,分别如表 2 和图 3( 见后面) 所示。

3.1 P - SV 波 AVO 响应特征

从图 3 可以看出:

( 1) 对于 I 类、II 类 AVO 类型( 见后面图 3 中 ( a) ~ ( d) ) ,在某些偏移距上会发生极性反转。在临界角以内 P - SV 波的 AVO 响应表现为负极性 ,即地震同相轴表现为波谷 ,其振幅随偏移距由小变

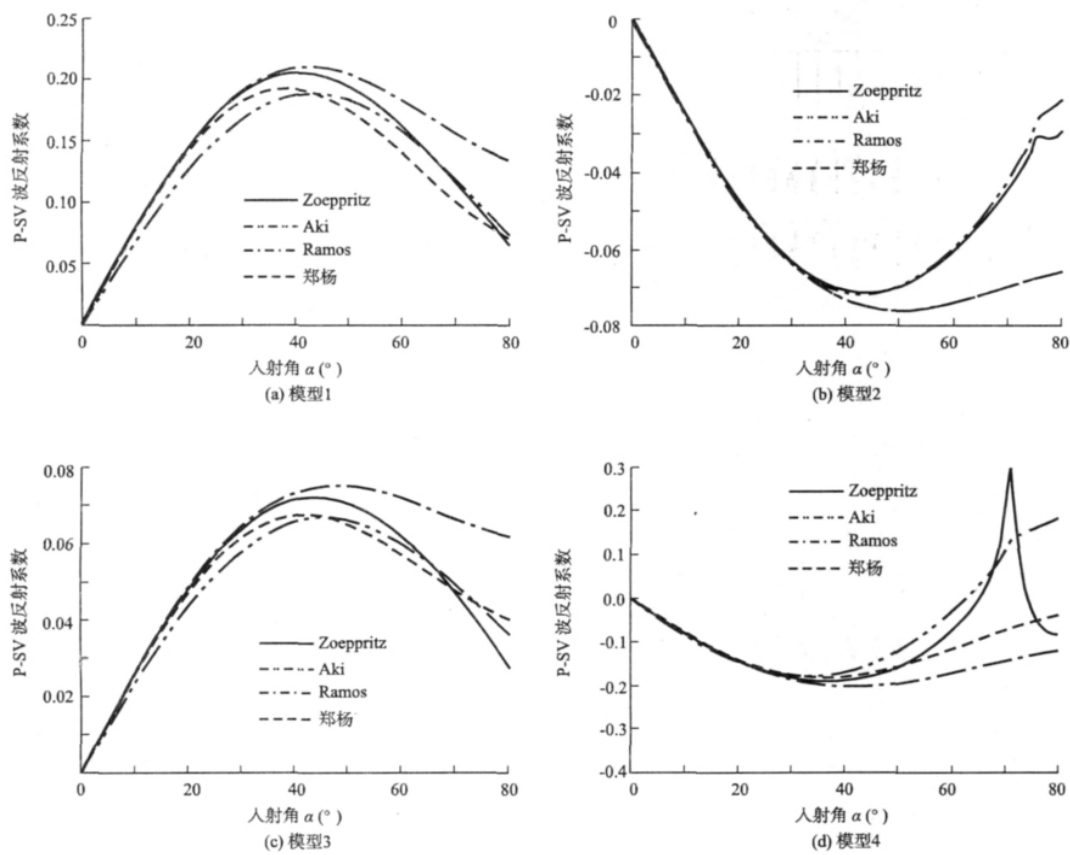


图 2 反射系数比较

Fig. 2 Comparisons of the reflection coefficients

大,再由大变小;在临界角以外,P-SV 波的 AVO 响应发生极性反转时,其振幅急剧减小为零。I 类、II 类 AVO 类型,从含水到含气变化时在地震响应上没有大的变化,这类 AVO 异常在叠加剖面中显示不出来。也就是说,对 I 类、II 类 AVO 类型,难以用 AVO 分析区分油、气、水。

(2) 对于第 III 类 AVO 类型(见下页图 3 中 (e)、(f)),当流体中含水时,P-SV 波的 AVO 响应发生极性反转,即同相轴表现为由波谷变为波峰,其振幅由小变大,再由大变小;当流体中含气时,表现为正极性,且振幅随偏移距单调递增。对于这一类储层,我们可以利用 P-SV 波 AVO 响应的极性特征来判断是液体还是气体。

(3) 对于第 IV 类 AVO 类型(见下页图 3 中的 (g)、(h)),无论是含水还是含气,P-SV 波的 AVO 响应均表现为正极性,且振幅随偏移距的增加而单调增大。这类 AVO 类型在叠加剖面中可能表现为“亮点”。

3.2 P-SV 波 AVO 响应的影响因素分析

从以上公式可知,P-SV 波 AVO 响应的主要

影响因素有如下几种:①上、下地层纵波波阻抗的变化;②上、下地层横波波阻抗的变化;③上、下地层泊松比的变化;④上、下地层纵横波速度比 $V_p/V_s$ 的变化。

对于因素③和因素④,因上、下地层纵横波速度比 $V_p/V_s$ 的变化总是一致的,即两者同时增加,同时减小,因此因素④已经包含于因素③中,不必另作讨论,只需针对其它三个因素进行分析。

(1) 在模型 4 中,前者的泊松比增大,后者的泊松比减小,但是两者的 AVO 响应特征都一致:两者的同相轴都表现为波峰,只是两者的振幅大小稍有差异。由此我们可以排除原因③。在模型 3 中,两者的泊松都是减小的,但是两者的 AVO 响应特征确截然不同:前者发生极性反转,后者的同相轴表现为波峰,且振幅随着偏移距单调增加。由此我们可以进一步确定排除原因③。

(2) 在模型 3 中,两者同时是纵波负波阻抗界面,但是两者的 AVO 响应特征却截然不同,由此排除原因①。在模型 2 中,前者是纵波正波阻抗界面,后者是纵波负波阻抗界面,但是两者的 AVO 响

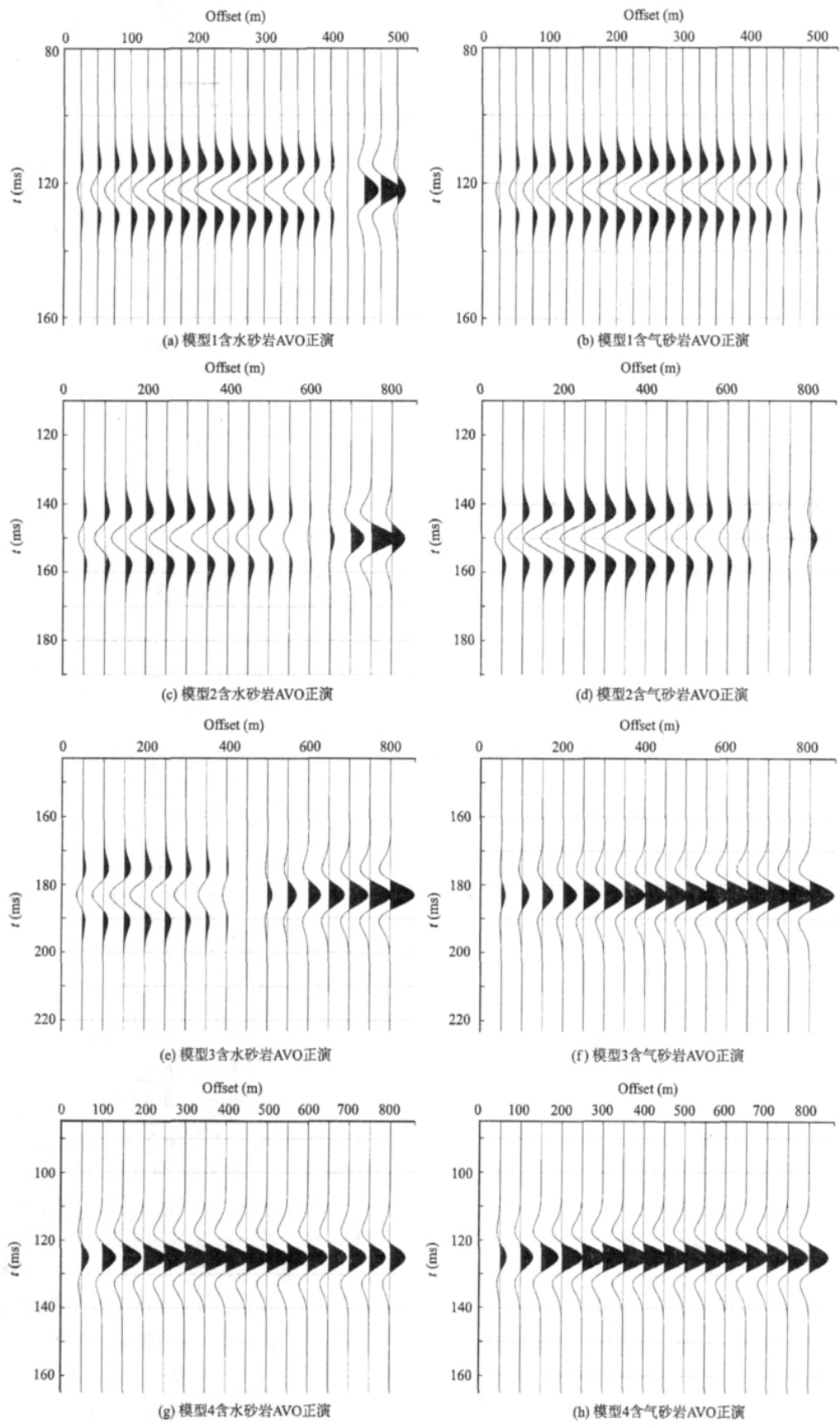


图3 四类 AVO 类型 P-SV 波 AVO 响应特征

Fig. 3 AVO response characters for four AVO models

应特征表现出几乎一致的特征:两者都发生极性反转,只是发生极性反转时的偏移距有点不同。由此我们可以进一步确认排除原因①。

由此可知,引起 P-SV 波不同 AVO 响应的根本因素是横波波阻抗的变化,并不是纵波波阻抗、泊松比及纵波、横波速度比。换句话说,P-SV 波 AVO 响应对横波波阻抗最敏感,对泊松比、纵波波阻抗、纵波、横波速度比不敏感。而且分析以上四个 AVO 类型的 P-SV 波 AVO 响应特征,可以认为:当由上层到下层的横波阻抗增加时,P-SV 波的 AVO 响应表现为正极性;当由上层到下层的横波阻抗减小时,P-SV 波的 AVO 响应表现为负极性;横波阻抗差异越大,反射振幅越大。

## 4 结论

作者在本文从能量守恒出发,得出了 P-SV 波的能量分配曲线。利用四种 AVO 模型对 P-SV 波反射系数的近似公式与 Zoeppritz 方程精确解做了精度对比分析,然后对四类 AVO 类型进行了 P-SV 波 AVO 正演模拟,并分析了影响 AVO 响应特征的根本因素,得到以下几点认识:

(1) 能量是入射角的函数。当入射角小于 P 波临界角时,能量主要分布在透射 P 波,P-SV 波所占的能量较小;当入射角大于 P 波临界角,透射 P 波的能量剧烈减少,P-SV 波的能量增加。

(2) 在小入射角的情况下,这三个近似公式与 Zoeppritz 方程的精确解误差较小,它们都可以在各自公式适合的条件处处理实际的地震资料。

(3) P-SV 波 AVO 响应对横波波阻抗最敏感,对泊松比、纵波波阻抗、纵波、横波速度比不敏感。

致谢 感谢地下信息探测技术与仪器教育部重点实验室(中国地质大学(北京))(Key Laboratory of Geo-detection (China University of Geosciences, Beijing), Ministry of Education) 提供的环境和经费资助。

## 参考文献:

- [1] 周竹生. P-SV 波和 SH 波的 AVO 分析[J]. 石油地球物理勘探, 1993, 28(4): 430.
- [2] 杨绍国, 周熙襄. Zoeppritz 方程的级数表达式及近似[J]. 石油地球物理勘探, 1994, 31(3): 374.
- [3] 牛滨华, 孙晟, 孙春岩. 位移函数地震波在界面的广义散射[M]. 北京: 地质出版社, 2010.
- [4] K I AKI, P G RICHARDS. Quantitative seismology [M]. San Francisco: W H Freeman and Co, 1980.
- [5] C B RAMOS. Useful approximations for converted-wave AVO[J]. Geophysics, 2001, 66(6): 1721.
- [6] 郑晓东. AVO 理论和方法的一些新进展[J]. 石油地球物理勘探, 1992, 27(3): 305.
- [7] 陈天胜, 刘洋, 魏修成. 几种 P-SV 转换波反射系数近似公式的比较[J]. 石油物探, 2005, 44(1): 1.
- [8] 孙鹏远. P-SV 波 AVO 方法研究进展[J]. 地球物理学进展, 2003, 18(4): 602.
- [9] 孙鹏远. P-SV 波 AVO 分析[J]. 石油地球物理勘探, 2003, 38(2): 131.
- [10] J P CASTAGNA, S W SMITH. Comparison of AVO indicators: A modeling study [J]. Geophysics, 1994, 59: 1849.
- [11] J P CASTAGNA. Principles of AVO crossplotting [J]. The Leading Edge, 1997, 16: 337.
- [12] J P CASTAGNA. Framework for AVO gradient and intercept interpretation [J]. Geophysics, 1998, 63: 948.

作者简介: 刘思思(1985-), 女, 硕士, 研究方向: 地震勘探技术研究及岩石物理方向。

ting seismic profile properties. To solve this problem, we calculate the amplitude spectrum and phase spectrum of seismic wavelet dynamically in post-stack migration seismic section, and then synthesize wavelet of any phase type. By using dynamic wavelet extract the absorption coefficient profile, the differences of reservoir with and without oil and gas can be finely showed in significant, combining with the analysis of the dynamic absorb coefficient map of No. 1 Jia section, which provides a accurate method for detailed interpretation of the reservoir in work area.

**Key words:** dynamic wavelet; wavelet extraction; absorption coefficient; wavelet estimation

### APPLICATION OF MULTI-ANGLES ELASTIC IMPEDANCE INVERSION IN FENCHENG AREA OF JUNGGAR BASIN

ZHU Ming, LOU Wei, FAN Xu, et al. (Research Institute of Exploration and Development, Xinjiang Oilfield Company, Urumqi Xinjiang 830011, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2011, 33(3): 268

Lithology is complicated in the Fencheng formation of Permian, Fencheng area, northwestern margin of Junggar basin. There are three major category of lithology of sedimentary rocks, dolomite and volcanic rocks, so reservoir prediction is difficult, which restricted exploration in the area. The research presented in this paper used multi-angle elastic impedance inversion method, carried out the well logging data analysis and interpretation based on consideration of rock physics modeling for the objective formation by selecting the appropriate rock physics model to forecasts shear velocity for all well in the region, optimizing elastic modulus and establishing plates of lithologic hydrocarbon and elastic parameters. By setting up the structural model with thrust fault for the inversion of the initial model and testing parameters of inversion several times, the reservoir forecasting is completed in the objective region. Actual results analysis shows that the multi-angle elastic inversion results has good agreement with drilled wells, and the new oil and gas areas are presdicted. The technology is proved effective in the area.

**Key words:** Junggar basin; fencheng area; fencheng formation; dolomites; multi-angles elastic impedance inversion; rock physic model

### ANALYSIS OF INFLUENCE FACTORS FOR AVO RESPONSE CHARACTERISTICS OF P-SV WAVE

LIU Si-si<sup>1</sup>, NIU Bin-hua<sup>1</sup>, SUN Chun-yan<sup>2</sup>, et al. (1. School of Geophysics and Geoinformation Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. School of Engineering and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2011, 33(3): 273

AVO technology is an effective method in predicting and deciding the fluid properties and lithology of the reservoir. To make the response characteristics clearer and the inversion of AVO analysis and lithologic parameter easier, according to the approximate valuation of reflection coefficient on P-SV wave, the paper carried out quantitative calculation on four theoretical models respectively, and precise comparative analysis with the exact solution of Zoeppritz equation. At last, four AVO models were used in forward modeling of P-SV and the fundamental factors on affecting the response characterizes of converted wave AVO were analyzing in detail which is significant to the improvement of precision and the reduction of interpretation ambiguity on AVO inversion based on AVO.

**Key words:** P-SV wave; energy distribution; reflection coefficient; AVO forward modeling

### GENERALIZED S-TRANSFORM AND ITS APPLICATION TO REMOVE SURFACE WAVE

DUAN Jun, ZHANG Bai-lin, PAN Shu-lin (College of Resource and Environment, Southwest Petroleum University, Chengdu Sichuan 610500, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2011, 33(3): 280

Surface wave is the main factor that affects signal to noise ratio and resolution in pre-stack seismic data. The traditional methods of suppression of the surface wave have some unavoidable defects. Generalized S-transform can transform the single-channel seismic records from the time domain to the time-frequency domain, make the surface wave and effective wave separated clearly in the time-frequency domain, cut the surface wave in the time-frequency domain then inverse transform back to the time domain we can remove the surface wave. Removing the surface wave via the generalized S-transform in the pre-stack seismic data is proposed in this paper, the theoretical models and real data results show that this method can remove surface wave while the effective wave also has very good protection, signal to noise ratio and resolution of the data have been greatly improved and avoid spatial aliasing.

**Key words:** generalized S-transform; pre-stack denoising; time-frequency analysis; seismic data processing

### TECHNIQUE OF ICLUSTER MIGRATION SUBSYSTEM INTEGRATION

ZHOU Wei, LIU Zhi-cheng, FANG Wu-bao, et al. (Sinopec Geophysical Research Institute, Nanjing 210014, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2011, 33(3): 286

Along with the unceasing emergence of new technologies and new methods, the iCluster system needs to be renewed constantly. The new version of iCluster migration processing module using Qt programming technology, whose class library is cross-platform object-oriented C++ class library. The traditional Mo-