

· 处理技术 ·

角道集波形校正方法

王艳香^{*①} 宋建国^② 张军舵^①

(①中国石油勘探开发研究院西北分院,甘肃兰州 730020; ②中国石油大学(华东)地球资源与信息学院,山东东营 257061)

王艳香,宋建国,张军舵.角道集波形校正方法.石油地球物理勘探,2009,44(5):548~552

摘要 通常纵波入射且当入射角大于临界角时,由于反射系数的变化,角道集记录发生相位畸变,为实现同相叠加,要在叠加之前进行相位校正。本文针对要校正的相位角和振幅值在各个时间段上并非常数的实际情况,对角道集记录进行了分时窗处理。分别应用分时窗常相位校正和直接利用波形校正因子对模型和实际井资料的角道集记录进行校正,并就时窗长度对校正结果的影响进行了分析。从对比分析校正前、后的角道集记录可以看出,分时窗常相位校正方法和波形校正因子校正方法可以有效校正波形畸变,提高叠加剖面质量。

关键词 井间地震 角道集 模型记录 常相位 波形校正因子

1 引言

井间地震^[1]和广角反射^[2]中的地震数据的反射角均比较大,当入射角大于临界角时,反射系数变为复数,入射波与反射波的相位和波形必然存在差异。在井间地震资料处理中往往通过 VSP-CDP 转换技术消除这种差异来获得共角度反射资料并进行叠加。然而地震资料水平叠加时,通常假设子波波形相同,即在 NMO 校正后的 CMP 道集内地震道的叠加是同相叠加。也就是说,水平叠加处理并未考虑入射波与反射波的波形差异,因此在进行水平叠加处理前还应对时差校正后的资料进行波形校正,以实现同相相加。而当大角度入射且入射角大于临界角时,即使子波波形一致,但反射系数由实数变为复数,同样也会造成反射波的相位和波形变化。如果不对反射系数变化引起的地震波形的变化进行校正,也会导致因反射波相位不同造成叠加过程中反射波能量的损失,降低叠加剖面的质量。因此必须对反射系数由实数变为复数引起的波形变化进行校正,才能提高叠加剖面质量。

2 角道集记录波形校正

下面对模型和实际井资料的角道集记录^[3]分别

运用不同方法进行波形校正。

均匀层状介质两层模型:纵波速度为 $\alpha_1 = 2307$ m/s, $\alpha_2 = 3459$ m/s;横波速度为 $\beta_1 = 942$ m/s, $\beta_2 = 1849$ m/s;密度为 $\rho_1 = 2.15$ g/cm³, $\rho_2 = 2.2$ g/cm³。

实际资料:根据辽河油田 L 井的声波时差测井曲线进行数据处理,测井深度间隔为 0.031m,取 15000 层,利用 Gardner 公式^[4]求取密度曲线。

运用 Shuey 近似公式^[5]求取模型和实际资料的反射系数,得到角道集模拟记录^[6](图 1 和图 2)。由图可见,当入射波的入射角大于临界角时,入射波的相位发生了严重畸变。

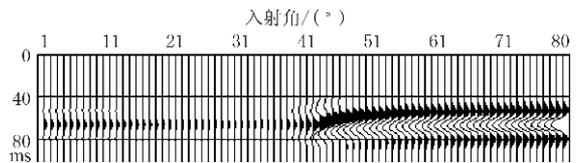


图 1 模型 1 角道集模拟记录

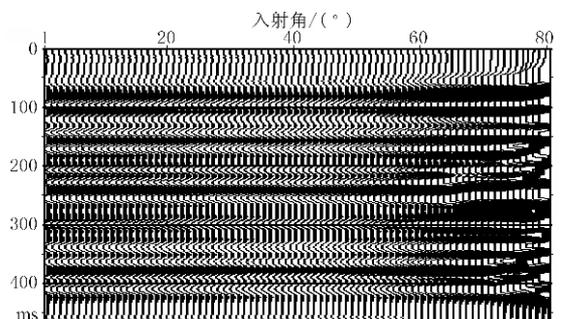


图 2 实际井角道集

* 甘肃省兰州市雁儿湾路 535 号中国石油勘探开发研究院西北分院数据处理所,730020
本文于 2008 年 9 月 11 日收到。

2.1 分时窗常相位校正角道集记录

常相位校正就是对道集中各道记录的相位谱进行某一常数调整,其关键问题是求取校正相位角,常规的常相位校正是在反射系数满足超高斯分布,即反射系数之和为零的条件下,利用最大方差模作为校正相位的判别准则对子波进行校正。图 1 为角道集模拟记录,合成记录中应用的是 Ricker 子波,由图可见,反射系数随入射角变化而变化。为寻找最佳校正相位的方法,即校正由于反射系数的变化而引起的角道集记录的相位畸变,可通过求常相位校正后的动校正道集记录与模型道的相似度的极大值校正相位的畸变^[7,8]。

设原始角道集记录 $S(t)$ 的频谱为 $S(f)$,实部、虚部分别为 $\text{Re}(f)$ 和 $\text{Im}(f)$ 。如果校正角度为 ϕ ,则校正后的频谱 $\overline{S}(f)$ 、实部 $\overline{\text{Re}}(f)$ 和虚部 $\overline{\text{Im}}(f)$ 分别为

$$\begin{aligned} \overline{S}(f) &= S(f) \cdot e^{j\phi} = S(f)(\cos\phi + j\sin\phi) \\ &= [\text{Re}(f) + j\text{Im}(f)](\cos\phi + j\sin\phi) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \overline{\text{Re}}(f) = \text{Re}(f)\cos\phi - \text{Im}(f)\sin\phi \\ \overline{\text{Im}}(f) = \text{Re}(f)\sin\phi + \text{Im}(f)\cos\phi \end{cases} \quad (2)$$

实际上要校正的相位角在各个频率域中并非常数。以常相位校正为基础,假设有若干个窄小的、具有不同中心位置的时窗,将地震数据限制在每个小时窗内分别处理,相位校正角也限制在每个窗口内独立求取。完成所有时间段的所有窗口数据的相位校正后,再把所有窗口中心位置的值叠加在一起就得到相位校正后的数据。相位扫描范围在 $-180^\circ \sim 180^\circ$ 之间,扫描步长为 1° ,时窗长度为 32ms。处理流程如图 3 所示,对角道集模拟记录(图 1)和实际井角道集记录(图 2)进行校正后,得到的结果如图 4

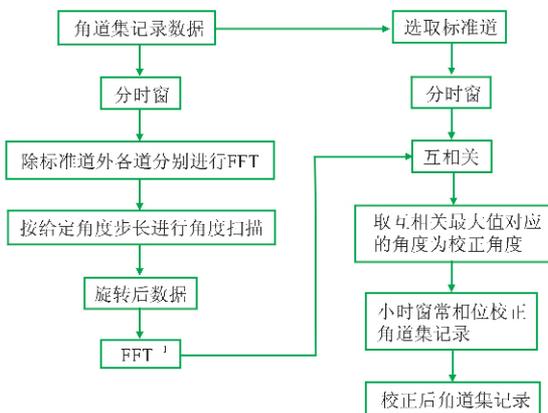


图 3 分时窗常相位校正流程图

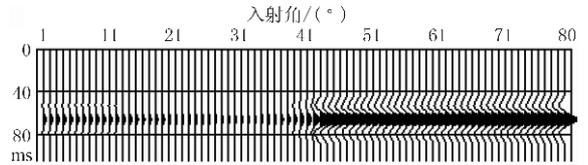


图 4 模型 1 多时窗常相位校正后角道集

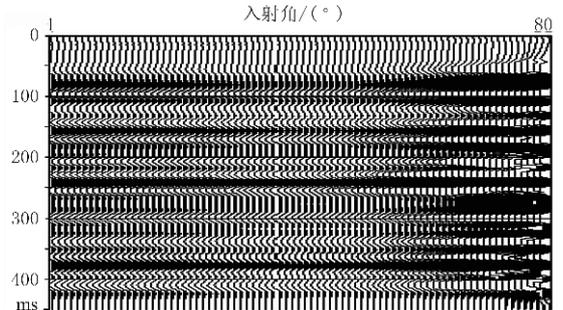


图 5 实际井资料多时窗常相位校正后角道集

和图 5 所示。由图可见,校正后波形的相位畸变得到了改善。

选取三个时窗对模型 1 数据和实际井数据进行常相位校正,校正角度分别如图 6 和图 7 所示。常相位校正只对原始记录进行相位校正,并不改变振幅谱。因此在相位校正后,可以对岩层进行 AVA 分析。在相位校正基础上应用振幅校正技术对反射波角道集进行校正,使它们的波形趋于垂直入射时的波形,再对相位、振幅校正后的角道集记录进行叠加,可以得到反射波层次清晰、同相轴连续性较好的地震记录。振幅校正流程如图 8 所示。根据图 8,对图 4 和图 5 计算校正振幅如图 9 和图 10 所示。对图 4 和图 5 进行振幅校正后的结果如图 11 和图 12 所示。由图 11、图 12 可以看出,进行振幅校正后的模型数据和实际井数据的振幅能量得到增强,反射同相轴能量更能真实反映反射系数的变化。

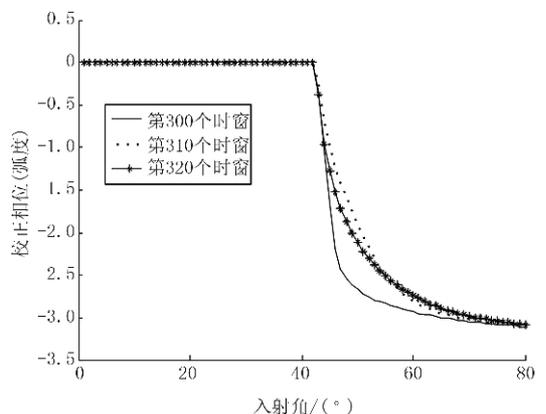


图 6 模型 1 三个时窗校正相位角度

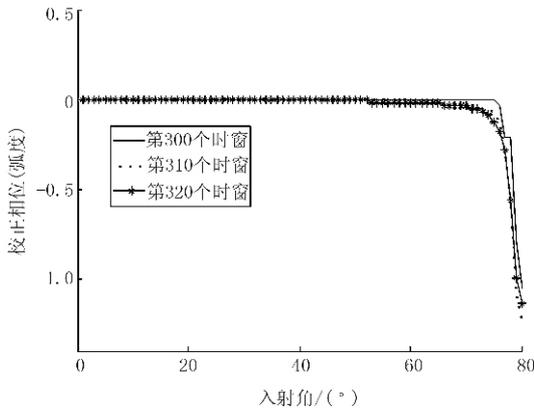


图7 实际井资料三个时窗校正相位角度

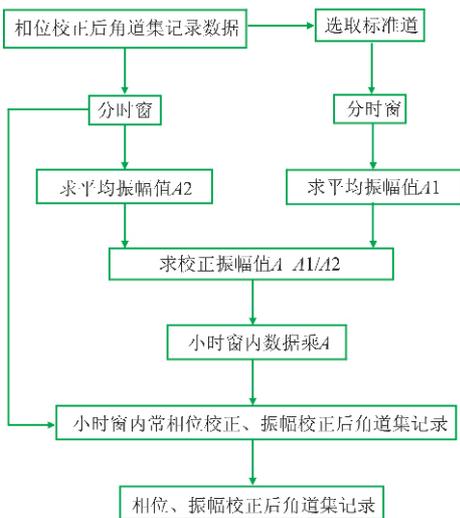


图8 振幅校正流程图

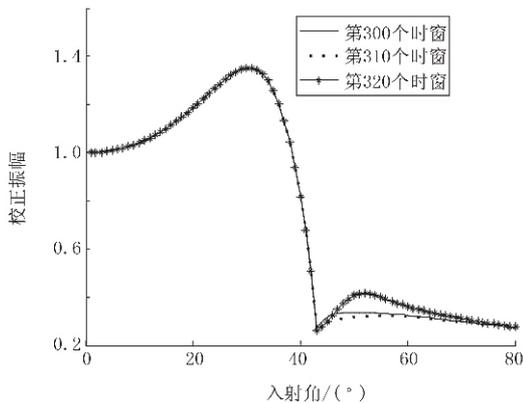


图9 模型1三个时窗校正振幅

2.2 利用波形校正因子校正角道集记录

选取标准道,利用维纳滤波^[9]计算波形校正因子 $h(t)$,对信号进行校正,是一种比较有效的方法。该方法的基本原理就是使校正后信号 $y(t)$ 的能量与期望输出信号 $d(t)$ 的能量差最小。期望输出信

号即为标准模型道信号。原信号 $x(t)$ 与校正因子褶积后得到校正后信号,即

$$y(t) = h(t) * x(t) = \sum_{\tau} h(\tau)x(t-\tau) \quad (3)$$

由于反射系数是时变的,反褶积因子也应该是时变的,采取分时窗设计、求取并应用反褶积因子,其处理流程如图13所示。

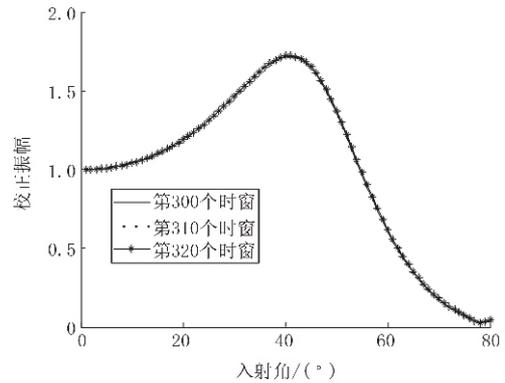


图10 实际井三个时窗校正振幅

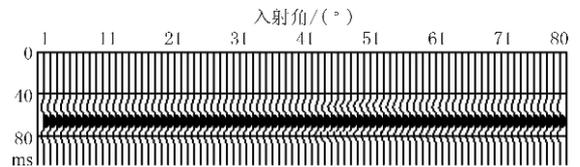


图11 模型1三个时窗常相位波形、振幅校正后角道集

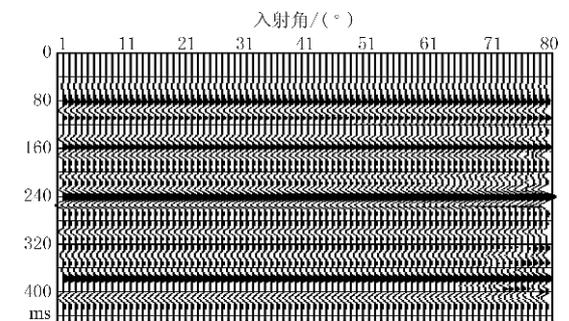


图12 实际井资料常相位波形、振幅校正后角道集

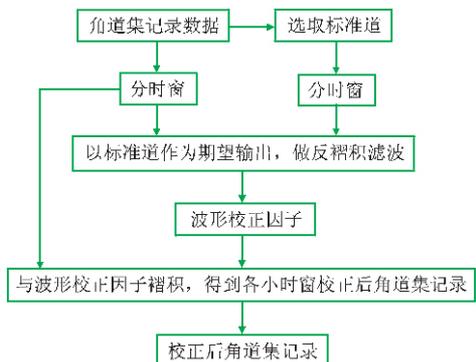


图13 波形校正因子校正角道集流程图

利用波形校正因子校正角道集流程(图 13),对模型 1 角道集模拟记录(图 1)和实际井资料角道集记录(图 2)求第 300 个时窗的校正因子,结果如图 14 和图 15 所示。对于上述两个记录,当入射角小于临界角时,波形没有相位畸变,只有振幅值的改变,波形校正因子与 δ 函数值接近。图 14 和图 15 是入射角大于临界角时的波形校正因子图。根据流程图 13,对原始模型数据(图 1)和原始实际井数据(图 2)进行校正后的结果如图 16 和图 17 所示。由

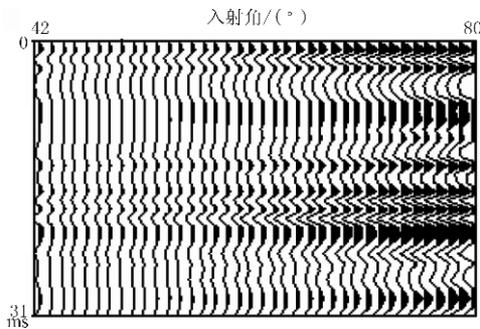


图 14 模型 1 波形校正因子

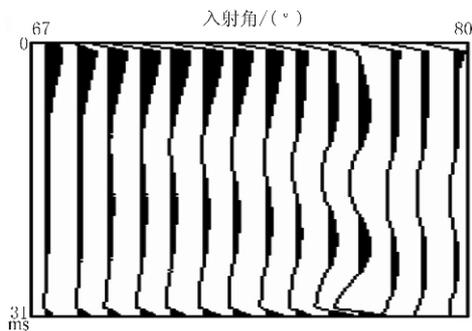


图 15 实际井资料波形校正因子

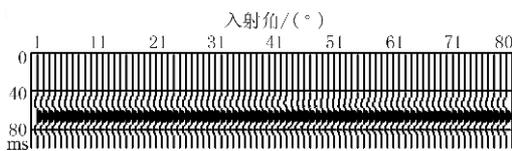


图 16 模型 1 波形校正因子校正后角道集

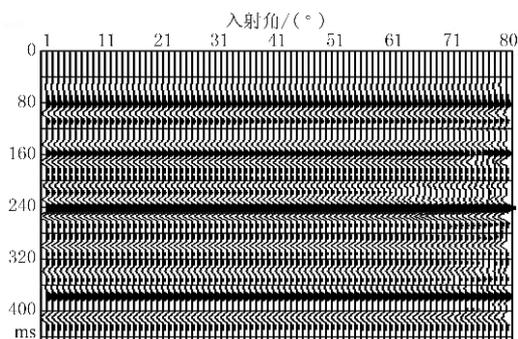


图 17 实际井资料波形校正因子校正后角道集

图 16、图 17 可以看出,波形校正后模型数据和实际数据的反射波层次清晰,同相轴连续性较好,尤其是对大于临界角的相位畸变进行了较好的校正。

对理论模型和实际井资料的分析处理可以看出,分时窗常相位校正和波形校正因子法都能对波形进行较好地校正,两种方法的相同之处都是开了许多小时窗,将数据分段处理,选取模型道,根据小时窗内各道数据与模型道的相似性求出校正的相位值,同一个小时窗内校正的相位和振幅相同。两种方法处理后都能达到预期的效果。从处理流程看,常相位校正法运算数据量大,计算速度较慢。

3 时窗长度选取

在分时窗校正时,时窗长度一般应选择与一个子波的主周期长度相当或略大于主周期的长度,主要取决于子波的主频。如果时窗长度小于一个子波的主周期长度,则会造成数据的缺失,校正不完全;如果时窗长度大于一个子波的主周期长度,则会使数据重复累加造成奇异值现象。时窗过长或过短都会使校正相位选择不准确,校正效果不好。以实际井资料为例,假定模拟角道集记录时所用子波主频均为 30Hz,现选择不同长度时窗,以对比不同时窗所产生的影响。

图 18 和图 19 分别表示主频为 30Hz、时窗长度为 16, 32, 64ms 时经常相位和波形因子校正后结果;图 20 表示主频为 20Hz,时窗长度为 16, 20, 64ms 时的校正结果。分别对比图 18、图 19 中的画椭圆部分,不难看出时窗长度为 32ms 的同相轴

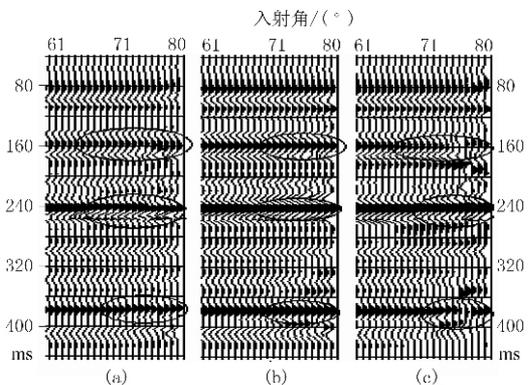


图 18 主频 30Hz 不同长度时窗井资料常相位校正后部分角道集

(a) 16ms; (b) 32ms; (c) 64ms

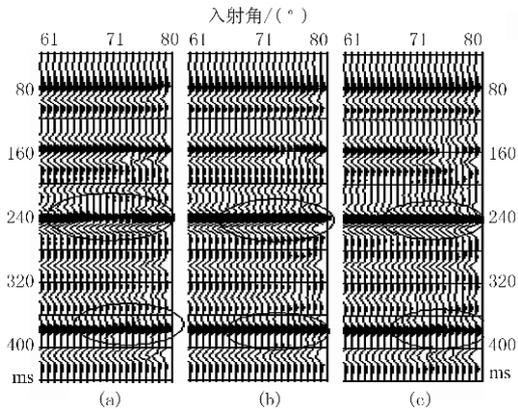


图 19 主频 30Hz 不同长度时窗井资料波形因子校正后部分角道集
(a)16ms; (b)32ms; (c)64ms

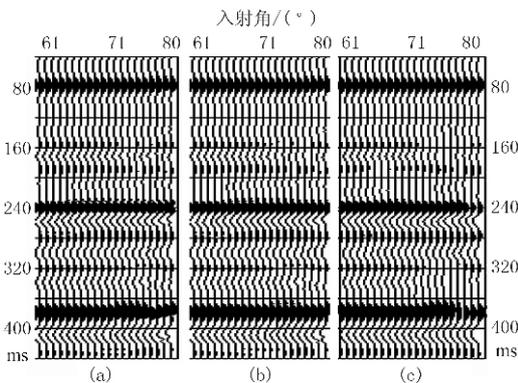


图 20 主频 20Hz 不同长度时窗井资料波形因子相位校正后部分角道集
(a)16ms; (b)20ms; (c)64ms

的连续性较好,而也较平滑;而图 20 中时窗长度为 20ms 时的校正结果最优。因此模拟角道集记录时所用子波主频不同,校正时应选取不同长度的时窗,以获得较好的校正结果。

4 结论

通过对理论模型和实际井资料的分析处理可以得出如下结论:

(1)分时窗常相位校正和波形校正因子校正方法均能获得理想的波形校正结果,但常相位校正法运算数据量大,运算速度较慢;

(2)通过求分时窗常相位校正后的动校正道集记录与模型道的相似度的极大值,可以校正由于反射系数的变化而引起的角道集记录的相位畸变;

(3)利用波形校正因子对角道集记录进行校正,同样可以解决相位畸变问题,获得较好的角道集记录;

(4)分时窗校正时,选取的时窗长度若大于一个子波的主周期,会造成数据量重复累加而形成奇异值现象;时窗长度若小于一个子波的主周期,则会造成数据缺失,校正不完全。

(5)模拟角道集记录时所用子波主频不同,校正时应选取不同长度的时窗,以便获得较好的校正结果。

参考文献

- [1] 陈世军,刘洪,周建宇等. 井间地震技术的现状与展望. 地球物理学进展, 2003, 3(18): 524~529
- [2] 孙成禹等. 广角地震反射数据特征及校正方法研究. 石油地球物理勘探, 2007, 42(1): 24~29
- [3] 李晶,陈裕明,唐湘荣. 合成记录的改进方法及在地震相对比中的应用. 新疆石油地质, 2001, 22(4): 297~302
- [4] Gardner G H F et al. Formation velocity and density. The diagnostic basic for stratigraphic traps. *Geophysics*, 1974, 39(6): 770~780
- [5] Shuey R T. A simplification of the Zoeppritz equations. *Geophysics*, 1985, 50(4): 609~614
- [6] 宋建国,王艳香. 角度域合成地震记录制作. 新疆石油地质, 2007, 28(4): 497~500
- [7] 宋宗平,李建军,章黎萍. 叠前常相位校正. 大庆石油地质与开发, 2004, 23(2): 69~71
- [8] 李振春,王希萍,韩文功. 地震数据处理中的相位校正综述. 地球物理学进展, 2008, 23(3): 768~774
- [9] 李振春,张军华. 地震数据处理方法. 山东东营: 石油大学出版社, 2004: 56~76

(本文编辑: 金文昱)