·经验交流·

加权叠加法压制多次波

朱 根 法

摘 要

一个CDP道集经动校正后，多次波仍存在剩余时差δt,它随炮检距呈抛物线规律变化。由δt的变化即可求出多次波剩余波数Δk的分布规律。据此，可设计一个理想的叠加复剩余波数响应，以菲涅尔(Fejer)多项式来逼近，求出各叠加道的加权系数，用于动校正后的CDP道集道的加权叠加。在$t—x$平面选择δt，即可改变叠加复剩余波数响应，从而改变各道的加权系数，实现最佳压制多次波的效果。

ABSTRACT

After normal moveout (NMO) correction of a CDP gather, multiples have residual moveout δt, which varies parabolically as a function of shot-receiver distance. The distribution of residual wave number Δk of multiple can be derived from the changes of δt. Therefore, a desirable complex stacking residual response of wave number is designed, the weight of each stacked trace is derived with Fejer polynomial approximation and then the NMO corrected CDP gather is weighted stacked. The complex stacking residual response of wave number can be changed with the change of δt on the $t—x$ plane and there by the weight of each trace can also be changed to yield optimum results in suppressing multiples.

基本原理

CDP道集经动校正后，一次波同相轴被“校直”，而具有相同t_0的多次波存在剩余时差

$$\delta t_i = x_i^2 \cdot \frac{1}{t_0}\left(\frac{1}{V_D^2} - \frac{1}{V_S^2}\right)$$

式中，V_D、V_S分别为多次波和一次波的叠加速度；x_i为炮检距。令

$$q = \frac{1}{t_0}\left(\frac{1}{V_D^2} - \frac{1}{V_S^2}\right)$$

则

$$\delta t_i = x_i^2 \cdot q \tag{1}$$

显然，多次波的剩余时差随炮检距的变化呈抛物线规律。由式（1）对 x 求偏微分

$$\frac{\partial \delta t_i}{\partial x_i} = 2qx_i \tag{2}$$

令 $\Delta V_{Di}^* = \dfrac{\partial x_i}{\partial \delta t_i}$ 为多次波动校正后的所谓“剩余视速度”，则

$$\Delta V_{Di}^* = \frac{1}{2qx_i} \tag{3}$$

设多次波的频率为 f_D^*，则多次波的剩余波数为

$$\Delta K_{Di} = \frac{f_D^*}{\Delta V_{Di}^*} = 2qf_D^* x_i \tag{4}$$

因此，我们可以根据动校正后CDP道集中各道多次波剩余视波数的分布情况，设计一个理想的叠加复剩余波数响应

$$F(\Delta K) = \begin{cases} A & 0 \le \Delta K \le \Delta K_1 \\ 0 & \Delta K_1 < \Delta K < \Delta K_2 \\ A & \Delta K_2 \le \Delta K \le \Delta K_0 \end{cases} \tag{5}$$

此式亦可用图 1 来表示。

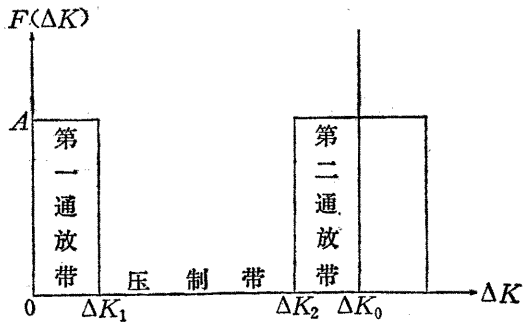

图 1　理想的叠加复剩余波数响应

这个理想复剩余波数响应可以通过多种方法来逼近。这里只用等距离加权叠加来逼近。根据傅里叶级数理论，N 道叠加的加权系数可用下式计算

$$a(i) = \int_{-\Delta K_1}^{\Delta K_1} A \exp\left[2\pi j\left(i - \frac{N+1}{2}\right)\Delta X \Delta K\right] d(\Delta K)$$

$$= \frac{A}{\pi} \cdot \frac{\sin\left[2\pi\left(i - \frac{N+1}{2}\right)\Delta X \Delta K_1\right]}{\left(i - \frac{N+1}{2}\right)\Delta X} \tag{6}$$

式中：ΔX 为 CDP 道集中叠加道间距；$\Delta X = \Delta x \cdot M/N$；$M$ 为排列道数；N 为叠加道数；Δx 为道间距。

式（6）表明，当第一个通放带减小，$\Delta K \to 0$，或者 $\Delta X \cdot \Delta K \to 0$ 时，所有 i 值的 $a(i)$ 趋于常量。第一个通放带截止点附近的剩余波数响应有重要意义。但是，根据吉卜斯（Gibbs）现象，傅里叶级数在这个不连续点附近不能够均匀地收敛。因此，要更好地选择加权系数，必须用菲涅尔（Fejer）多项式逼近理想响应

$$a(i) = \left[\frac{N - \left|i - \frac{N+1}{2}\right|}{N}\right] \cdot \frac{A}{\pi} \frac{\sin\left[2\pi\left(i - \frac{N+1}{2}\right)\Delta X \Delta K_1\right]}{\left(i - \frac{N+1}{2}\right) \cdot \Delta X} \tag{7}$$

式中：$i=1, 2, \cdots, N$；N 为叠加道数；A 为选择的压制倍数。

利用式（7）求得了各叠加道的加权系数后，就可以对动校正后的CDP道进行加权叠加

$$F(t)=\sum_{i=1}^{N} a_i f(t-\delta t_i) \tag{2}$$

加权叠加后的振幅特性函数为

$$P(Y_i)=\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{N} a_i \cos 2\pi Y_i\right)^2+\left(\sum_{i=1}^{N} a_i \sin 2\pi Y_i\right)^2} \tag{9}$$

式中，$Y_i=\Delta X \cdot \Delta K_i$。

又由式(4)可知，多次波的剩余视波数 ΔK_D^* 是炮检距 x_i 和剩余时差系数 q 的函数，而且 q 又是时间 t 和叠加速度 V_D、V_S 的函数。因而，我们可以在设计理想复剩余波数响应时，利用 $t—x$ 平面 δt_i 选择来控制 ΔK_1

$$\begin{cases} \dfrac{T_D^*}{N} \leqslant \delta t_1 \leqslant \dfrac{(N-1)T_D^*}{N} & (10) \\ \dfrac{T_D^* \cdot x_1}{N} \leqslant \Delta K_1 \leqslant \dfrac{(N-1)x_1}{N} & (11) \end{cases}$$

式中，T_D^* 为多次波视周期。我们将这种方法称为 $t—x$ 平面 δt 选择加权叠加。

实际效果

我们将 $t—x$ 平面 δt 选择加权叠加法应用于二连盆地G凹陷的资料处理，获得了压制多次波的明显效果（见图2、图3）。

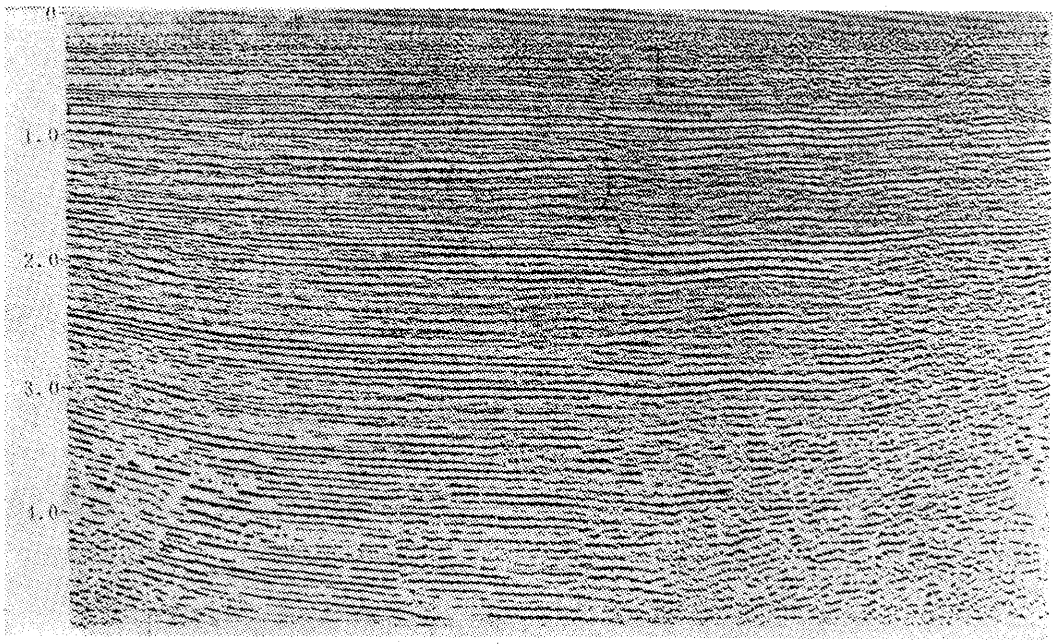

图 2　601测线水平叠加剖面（加预测反褶积）

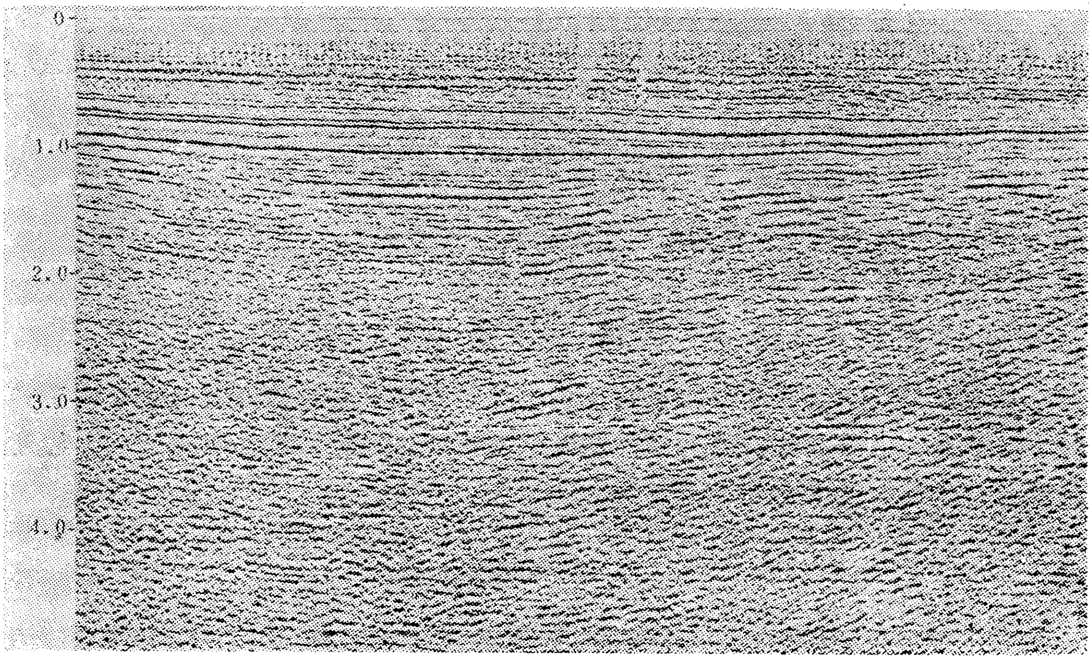

图 3　$t—x$ 平面选择加权叠加剖面

G 凹陷多次波非常发育，常规叠加剖面 1.1 秒后出现的波组，无论在时间标志、倾角标志和叠加速度标志方面都符合多次波的规律。图 2 为 601 测线的水平叠加剖面，1.1 秒后的三组波分别是 1.0 秒左右一组一次波的全程二次、全程三次、全程四次波。经 $t—x$ 平面 δt 选择加权叠加处理后（图3），这几组多次波得到了很好的压制，并且突出了正常反射。

参 考 文 献

陆基孟等编，《地震勘探原理》，P，188，石油工业出版社，1982

本刊 1984 年第 3 期更正

1. 第228页式（1）应为

$$\Delta t_R=\frac{h_s}{v(h_s)}\left(\sqrt{\left(\frac{X+K\sin\varphi}{K\cos\varphi}\right)^2+1}+\sqrt{\left(\frac{X-L\sin\varphi}{L\cos\varphi}\right)+1}\right)-\frac{h_s}{v_0}$$

2. 第229页第 1 行公式应为

$$L=v(t_0)t_0+X[\sin\varphi+\frac{h_s(1+\cos 2\varphi)}{\cos\varphi}$$