

地震勘探资料的数字处理

俞寿朋

动 校 正

野外资料经过预处理后，如果速度已知，就可以进行动校正。

动校正所用速度准确与否，对迭加效果有密切的关系。但处理以前往往还没有掌握准确的速度资料，因此在动校正以前常需进行速度分析。为了叙述方便，我们先讨论动校正问题，以后再回过头来讨论速度分析问题。

动校正的目的是把同一共深度点（不同炮检距）的反射波校正成同相，以便取得最好的迭加效果。动校正所用的速度不同于地震测井所得的平均速度，也不同于由反射时距曲线求得的“有效速度”。这是一种特殊的速度，即对迭加最有利的速度，我们通常称之为“迭加速度”。国外有些文献把它称为“平均速度”，也有的称为“均方根速度”，都不很确切。

下面对数字处理中有关动校正的几个具体问题做些说明：

动校正的数学公式

动校正公式是熟知的双曲线公式：

$$\Delta t = t - t_0 = \sqrt{t_0^2 + (x/v)^2} - t_0 \quad (10)$$

式中 x 为炮检距， t 为动校正前时间， t_0 为动校正后时间， Δt 为动校正量， v 为相应于 t_0 时间的迭加速度。

与模拟回放不同之处是：数字处理中每一个炮检距都按(10)式计算动校正量，而在模拟回放中，只有最大炮检距的动校正量是按这个公式计算的，其他炮检距按它与最大炮检距比值的平方来分配动校正量，即实际上是按抛物线规律而不是按双曲线规律来分配动校正量的。因此，对于长排列和浅层，数字处理的动校正量计算较为准确。

动校正量的计算方法

虽然都用同一个公式(10)，但不同程序可能有不同的计算方法。大致有以下三种。

(1) 每一个采样点都按公式计算动校正量。这个方法计算结果准确，但计算工作量大一些。

石油地球物理勘探

(2) 为减少计算工作量，假定动校正量与 t_0 的关系曲线可由折线来近似代表，即只在若干个 t_0 点上按(10)式计算动校正量，在其间的采样点上的动校正量，采用线性内插的方法计算。这种方法精度稍低，但只要分段适当（浅层要小些，深层可大些），仍可保证必要的精度。

(3) 上面两种方法动校正后都会产生波形拉伸现象，即动校正后频率变低。为避免这种拉伸作用，有的程序采用整段搬家的动校正方法。这种方法把记录道分成若干个互相重迭的时窗，每个时窗只计算一个动校正量（例如时窗起始点或中心点的动校正量），整个时窗都按这个动校正量来校正，从而避免了拉伸。相邻时窗动校正后的重迭部份，采用平均的方法，以免引起动校正后波形不连续。

由离散采样造成的波形畸变

上面说的动校正造成的拉伸是一种波形畸变，它与采样间隔是无关的。这里说一说由于离散采样造成的畸变。

在数字处理中，只有在采样位置上，即时间为采样间隔整数倍时才采样。要建立一个动校正后的记录道，就要得到这个道上各采样位置上的振幅值。这些振幅值要取自动校正前的记录道，且时间要比动校正后增加一个动校正量 Δt ，由于 Δt 一般不会刚好是采样间隔的整数倍，因此动校正前的时间一般不会刚好落在采样位置上。例如，若采样间隔为 4 毫秒，在 t_0 为 1000 毫秒时，某个炮检距的动校正量为 42.4 毫秒，则动校正后 1000 毫秒处的振幅值要从动校正前 1042.4 毫秒处去取。但显然 1042.4 毫秒不在采样位置上。对这个问题不同程序可能有不同的解决办法。

(1) 取动校正前最靠近的采样点上的振幅值，例如上面所说的情形下，可取 1044 毫秒采样点上的振幅值。这种方法会带来一定误差，采样间隔越大，振动的频率越高，则误差越大。因此采用这种办法时需要用较小的采样间隔。

(2) 为避免上述误差，需对动校正前的波形进行插值，求出非采样位置上的值。例如上面所举的例中，利用 1042.4 毫秒前后采样位置上的值求出 1042.4 毫秒处应有的值，将此值移到动校正后的 1000 毫秒处。准确的插值方法利用插值函数（即正弦函数，见图 3a）：

$$\sin \frac{\pi}{\Delta} (t - t_i) / \frac{\pi}{\Delta} (t - t_i) \quad (11)$$

此处 t_i 为某个采样位置的时间， Δ 为采样间隔。为求得任意时刻 t 的值，理论上用下式

$$f(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} A_i \sin \frac{\pi}{\Delta} (t - i\Delta) / \frac{\pi}{\Delta} (t - i\Delta) \quad (12)$$

式中 $i\Delta = t_i$ ， i 为整数。实际上只要利用时刻 t 附近少数样点即可求得较准确的插值。图 3b 为插值法的图形。

用这个方法求插值计算工作量很大，有的程序用较简单的插值方法，例如线性插值，即把波形插值成折线，也可以得到较好的效果。

从波形畸变的角度看来用插值法时采样间隔允许大一些。

石油地球物理勘探技术

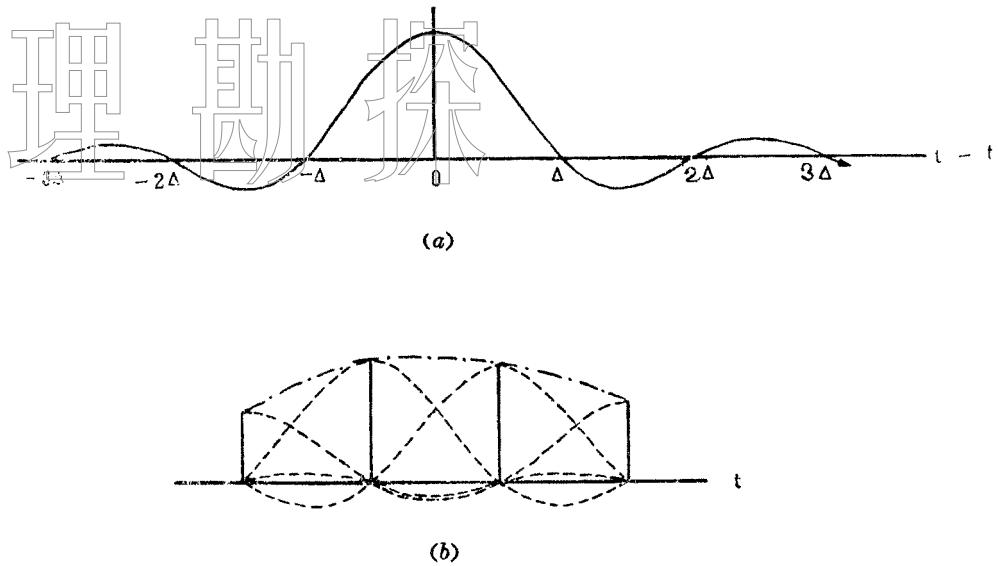


图 3 (a) 插值函数的图形
 (b) 利用插值函数由各采样值进行插值
 —采样值,插值函数, -·-用插
 值法恢复成连续波形

速度横向变化问题

迭加速度横向变化是经常遇到的。不同程序可能有不同的解决方法。

有的程序采用横向分段的方法，在每一段内部迭加速度没有横向变化。如果在预处理阶段已进行了共深度点选排，就按共深度点分段；否则就按记录分段。一条测线如何分段由分析人员决定。分段时要注意相邻两段同一时刻的速度值不能相差过大，以免造成不良效果：（1）因迭加速度不合适而造成信噪比降低。（2）因不同速度迭加的相位特性突变而造成剖面不连续。一般应保持相邻段的动校正量最大差值不超过 $1/4$ 至 $1/2$ 周期。

有的程序采用横向速度渐变的方法。由分析人员提供若干个速度控制点，程序自动地线性内插求出每一点的速度值。当速度横向变化单调的情形下，一般只需要很少的控制点就能得到满意的效果。

拉伸切除问题

前面已提到，动校正会产生波形拉伸现象，这里对拉伸问题进行一些讨论。按照动校正公式(10)画出的图形，界面是水平的。

在图4中画出了两个靠得很近的界面的反射射线。经过动校正后，时间变成法线反射时间，其射线可以用通过反射点的铅垂线表示。

通过两个反射点R₁和R₂，以及射线OR₂可以作一个直角三角形R₁AR₂。因为R₁和R₂靠得很近，可以认为OR₂的垂线R₁A也垂直于OR₁，即可以认为R₁A是波前。因

石油地球物理勘探

此 $t_{OR_1} = t_{OA}$, 令入射角为 α , 则可以由图得:

$$\cos \alpha = AR_2 / R_1 R_2$$

而 $AR_2 = \frac{v}{2}(t_2 - t_1)$; $R_1 R_2 = \frac{v}{2}(t_{02} - t_{01})$ 。此处 v 为 R_1 与 R_2 两界面之间的层速度,

t_1, t_2 为反射时间, t_{01}, t_{02} 为动校正后时间。因此

$$\cos \alpha = (t_2 - t_1) / (t_{02} - t_{01})$$

由于 $\cos \alpha < 1$, 故必有 $t_{02} - t_{01} > t_2 - t_1$ 。即动校正后波形有拉伸, 拉伸程度与入射角 α 有关。

我们用 k 表示拉伸系数, 并定义为

$$k = (t_{02} - t_{01}) / (t_2 - t_1) = 1 / \cos \alpha \quad (13)$$

由图可见, 炮检距越大, 则入射角 α 越大, 于是拉伸系数 k 也越大, 但是波形拉伸过大会影响迭加效果, 为此需要对拉伸超过规定值 k 或入射角超过规定值 α 时予以切除, 即不参加迭加。

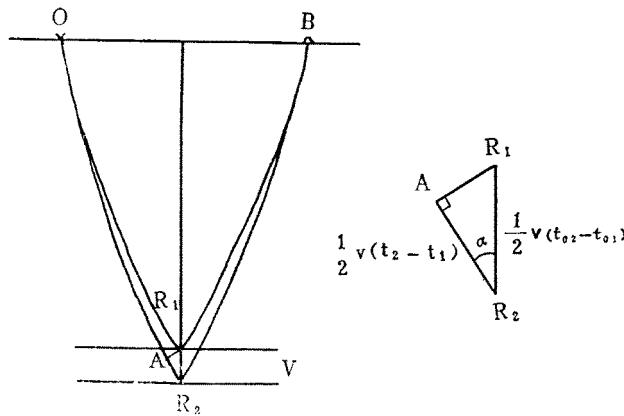


图 4 入射角与动校正拉伸的关系

请参看前面预处理部分, 那里是用入射角的观点来规定切除量的。而这一节中用动校正拉伸的观点来规定切除量。由(13)式可见, 动校正拉伸完全由入射角决定, 因此两种出发点的结果是相同的。

有的动校正程序能按照分析人员所提供的拉伸系数 k 自动进行切除。有的动校正程序没有自动切除功能, 而需在预处理阶段切除, 切除量由分析人员提供。

拉伸除了用 k 表示以外, 也可以用其他参数来表示, 如有的程序用拉伸参数 β 来表示, 其定义为

$$\beta = \frac{t_2 - t_1}{(t_{02} - t_{01}) - (t_2 - t_1)} \quad (14)$$

石
物
理
地
质

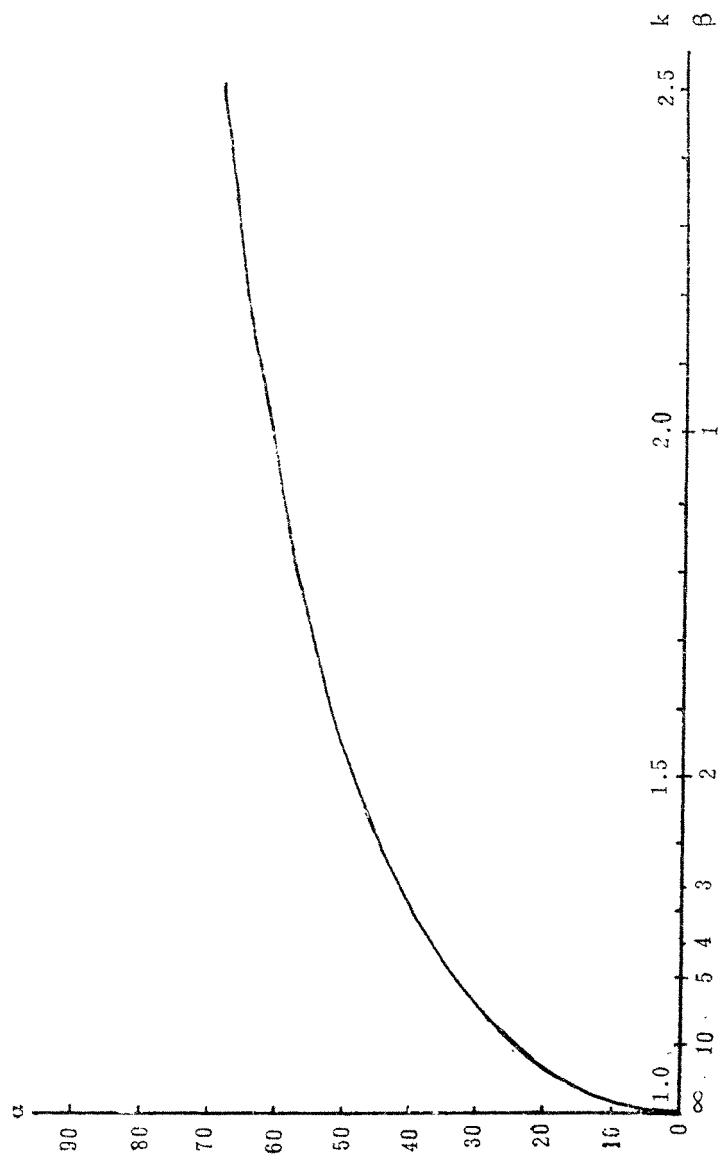


图 5 入射角 α 与拉伸系数 k 、拉伸参数 β 的关系曲线

石油地球物理勘探

可见，与 k 有以下关系：

$$\beta = \frac{1}{k-1} \quad (15.1)$$

$$k = \frac{1}{\beta} + 1 \quad (15.2)$$

而 β 与入射角的关系为：

$$\beta = \frac{\cos \alpha}{1 - \cos \alpha} \quad (16)$$

图 5 为 α , k , β 的关系曲线

水平迭加

水平迭加就是将经过动校正的同一共深度点的各道相加，作为一个迭加道输出。

在数字处理中没有什么特别的地方。通过在预处理阶段将某些道或某些记录充零，可以任意减少迭加次数，也可以改变偏移距。有的程序可以采用不同的切除图案，使深浅层观测系统（迭加次数、偏移距等）不同。

有的程序不进行选排，由记录动校正后边选排边迭加。

（待续）