

用计算机解释小折射资料

李群河

(地质矿产部第四物探大队)

李群河. 用计算机解释小折射资料. 石油地球物理勘探, 1994, 29(增刊1): 125~128

主题词 初至折射 静校正计算 计算机应用

为了取全取准静校参数, 避免或减少人为因素的影响, 应大力提倡和推广应用计算机自动解释小折射资料。本文就利用计算机解释小折射的方法和原理作一探讨。

方法原理和实现

数学原理

从每一张折射记录上, 我们可以得到一组观测数据

$$(x_1, t_1), (x_2, t_2), (x_3, t_3), \dots, (x_i, t_i)$$

由于折射波的时距曲线为一直线, 于是设该直线方程为 $t = ax + t_{Ri}$ 。其中, a 为直线方程的斜率, 是该层视速度的倒数; t_{Ri} 为时距曲线延长线在时间轴上的截距。现利用平均法或线性回归法求取直线方程的 a 和 t_{Ri} , 然后进行曲线拟合。下面, 分别给出数学公式。

平均法

先把观测方程分为两组, 并使每组方程个数相等(若观测方程是奇数, 可把多余的一个方程并入第二组), 即

$$\begin{cases} t_1 = ax_1 + t_{Ri} \\ t_2 = ax_2 + t_{Ri} \\ t_3 = ax_3 + t_{Ri} \\ \vdots \\ t_m = ax_m + t_{Ri} \end{cases} \quad \begin{cases} t_{m+1} = ax_{m+1} + t_{Ri} \\ t_{m+2} = ax_{m+2} + t_{Ri} \\ t_{m+3} = ax_{m+3} + t_{Ri} \\ \vdots \\ t_{2m} = ax_{2m} + t_{Ri} \end{cases}$$

然后分组相加, 有

$$\sum_{i=1}^m t_i = a \left(\sum_{i=1}^m x_i \right) + mt_{Ri} \quad \sum_{i=m+1}^{2m} t_i = a \left(\sum_{i=m+1}^{2m} x_i \right) + mt_{Ri}$$

最后, 从此方程中解出 a 和 t_{Ri} 。采用这种方法得到的直线与各点之间纵坐标的离差的代数和为零。

线性回归法

线性回归方程式如下

本文于1993年10月23日收到。

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(t_i - \bar{t})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i t_i - n\bar{x}\bar{t})}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2}$$

$$t_{Ri} = \bar{t} - a\bar{x} \quad (R = 2, 3)$$

式中: a 为回归直线方程的斜率; t_{Ri} 为回归直线方程在时间轴上的截距; x_i 为第 i 个观测点的炮检距; t_i 为第 i 个观测点的初至起跳时; $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$; $\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$; n 是样点个数。

这样, 我们不难求得视速度 $V_R = 1/a$ 。有了视速度 V_R 和截距时间 t_{Ri} , 便可以用截距时间法求得厚度 h 。

层次划分

先取两道 ($n=1, n=2$), 用线性回归法或平均法求得直线 L 的斜率和截距时间, 然后求第 3 道, 即 $n+1$ 道的点 (x_{n+1}, t_{n+1}) 到直线 L 的距离

$$S_{n+1} = \frac{|ax_{n+1} - t_{n+1} + t_{Ri}|}{\sqrt{a^2 + 1}}$$

利用 S_{n+1} 大小来判断第 $n+1$ 道 (x_{n+1}, t_{n+1}) 与 L 的符合程度。由于观测过程中的各种误差所致, 一般 $S_{n+1} \neq 0$ 。设误差范围为 D , 若 $S_{n+1} > D$, 才认为其不符合直线 L 。因此 D 的大小与解释精度关系密切。

为了避免个别异常道带来的判断错误, 当 $S_{n+1} > D$, 且 $S_{n+2} > D$, 我们才认为 (x_n, t_n) 是拐点, 否则认为 $n+1$ 道为异常道。当 $n+1 > N$ 时结束分层计算 ($N =$ 观测道数)。

也可在求得直线 L 的斜率和截距时间后, 将第 3 道, 即 $n+1$ 道的点 x_{n+1} 代到直线方程 L 中求 $n+1$ 道预测值, 利用预测值和观测值差的大小来判断第 $n+1$ 道 (x_{n+1}, t_{n+1}) 与 L 的符合程度。其它原理与上述方法类同, 这里不再赘述。

初至拾取

初至拾取是小折射资料解释中颇为重要的一项基础工作。近年来, 随着 VSP 技术的发展, 初至拾取技术也有较大发展。常用拾取初至的方法有: 人工读取、差分法、相关法、求极值法等。初至拾取前, 如能使用脉冲反褶积等方法处理一下, 对提高初至拾取精度有帮助。也可参照 SSS-300 井口道的原理设计硬件实现初至的拾取 (将其从 1 道推广至多道), 或利用此原理用软件实现。

建立数据库

将各测点数据以 TXT 文本文件存盘, 供 dBASE III 或 foxBASE 关系数据库使用。工区、测线、测点桩号、速度及厚度等数据可以从数据库中输出。该文本文件还将作为绘制深度、速度折线图的数据源。

成果输出

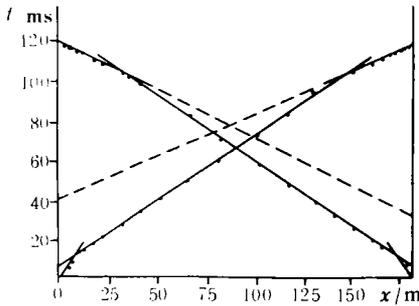
PC 类机可以将时距曲线图等存在显示器上输出, 也可将其输出到打印。夏普 PC-1500 只能输出到四色绘图打印机上。

使用 PC 类机显示器坐标原点在左上角, 应转换成习惯方式: 时间的最大值 t_{max} 减去 t_i 即为新坐标值。最终结果的输出使用中断 INT 5 进行拷屏。

夏普 PC-1500 袖珍计算机在地震野外队拥有量大, 但其内存小, 一般无汉字。我们可以利

用其绘图功能打印汉字。其基本原理是：读取汉字编码，调用一段汉字处理子程序，用绘图语句绘出汉字。取一张坐标纸在 6×9 的网格内绘出要打印的汉字，每一汉字的始点、转折点和终止点须落在网格的交点上，每个交点以其坐标的两个数字表示，横坐标在先，纵坐标在后。编数据的原则是：笔划始点的两位数后加一字母做标志，转折点和终止点不加任何符号，所有数字字母紧挨着不留空，一字一个数据语句，语句标号用作汉字编码。利用字符串截取函数和 RESTORE 语句标号语句去读取有关汉字的数据，然后以绘图语句打出汉字。

根据上述方法和原理(线性回归)笔者使用 PC-1500 BASIC 语言编制了 LVL1 小折射解释程序。图 1 是该程序的一个应用实例。



$V_{10} = 722 \text{ m/s}$ $V_{11} = 1504 \text{ m/s}$
 $V_{20} = 723 \text{ m/s}$ $V_{21} = 1505 \text{ m/s}$
 $V_{12} = 2320 \text{ m/s}$ $V_{22} = 2321 \text{ m/s}$
 $t_{11} = 5.4 \text{ ms}$ $t_{21} = 5.4 \text{ ms}$
 $t_{12} = 39.6 \text{ ms}$ $t_{22} = 39.6 \text{ ms}$
 $h_{10} = 2.2 \text{ m}$ $h_{20} = 2.2 \text{ m}$
 $h_{11} = 33.4 \text{ m}$ $h_{21} = 33.4 \text{ m}$

 $V_0 = 723 \text{ m/s}$
 $V_1 = 1505 \text{ m/s}$
 $V_2 = 2321 \text{ m/s}$
 $h_0 = 2.2 \text{ m}$
 $h_1 = 33.4 \text{ m}$

低速带测定成果图
 工区：无为
 测线：90WN-12
 桩号：70
 日期：1991年8月3日
 施工：四物

道号	t_{0i}	t_{1i}	道号	t_{0i}	t_{1i}
1	2	118	13	72	59
2	6	117	14	84	48
3	8	116	15	94	40
4	12	115	16	102	33
5	14	114	17	105	27
6	17	112	18	109	20
7	20	109	19	112	17
8	27	105	20	114	14
9	33	102	21	115	12
10	40	94	22	116	8
11	48	84	23	117	6
12	59	72	24	118	2

$x_1 = 2 \text{ m}$ $x_{max} = 182 \text{ m}$

道 距
 2 2 3 3 5 5 10 10 10 15 15 20
 15 15 10 10 10 5 5 3 3 2 2

图 1 SHARP PC-1500 解释小折射实例

两个要注意的问题

(1)应用 T_0 法求取低速带厚度时，常有第一层时距曲线不过坐标原点的情况。这主要是仪器中的各种滤波器中的阻容器件造成的。如 SN338 地震仪的防假频滤波器，用滚降斜率为 72dB/oct 时的脉冲响应曲线就比滚降斜率为 24 dB/oct 的脉冲响应曲线滞后 5 ms 左右，这也会影响截距时间。解释或编程时，我们应从截距时间中减去这一延迟时间，再去计算地层厚度。

(2)使用计算机拾取初至时，使用高分辨率仪器，有助于提高初至拾取的精度。这时使用小道距，才有意义，而使用人工读取初至，则不然。

结 束 语

使用上述方法原理在计算机上可以实现小折射资料的自动解释，可以减少或避免人为因

素的影响,具有效率高、精度高,输出规范美观等诸多优点。

在上述方法中,线性回归法易于实现,而且其中间结果还可用来计算相关系数,用于质量评估。

参 考 文 献

- 1 四川矿业学院数学教研组. 数学手册,科学出版社,1979:342~343
- 2 浙江大学数学系高等数学教研组. 概率论与数理统计,高等教育出版社
- 3 董世学. 防假频滤波器的滚降特性及其参数选择. 石油仪器,1988,2(4):232~233

(上接第124页)

区,初至折射+数据库静校正是最为理想的一种静校正方法。它既具有其它几种静校正方法的优点,又可弥补它们的不足,不仅大大提高了高频静校正分量的精度,同时也提高了低频静校正分量的精度。

初至折射+数据库静校正方法与其它折射静校正方法相比有以下几个特点。

- (1)使用现场处理和自动拾取初至,可提高初至拾取的速度和精度;
 - (2)使用人机交互平均时差校正方法进行低频分量校正,可提高低频校正分量的精度;
 - (3)使用数据库进行校正,在数据库范围内可完全不用小折射,避免了小折射引起的低频静校正误差,同时也减少了野外工作量;
 - (4)应用程序功能齐全,运行速度快,计算精度高,并且有较强的人机交互功能。
- 如果该方法在塔里木盆地推广使用,无疑,将会大大提高经济效益。

参 考 文 献

- 1 钱荣钧. 复杂地表区静校正微机程序汇编,石油地球物理勘探局地调二处,1988
- 2 杨贵明. 塔克拉玛干沙漠静校正方法,1991

白玉山 助理工程师,1969年生,1991年毕业于江汉石油学院物探专业。从事过地震资料现场处理工作,现在石油地球物勘探局第四地调处从事物探方法研究及施工质量监控工作。

杨贵明 工程师,1964年生,1985年毕业于华东石油学院物探专业。主持建立了塔里木盆地静校正基础数据库和编写了静校正应用软件。现在石油地球物理勘探局第三地调处从事物探方法研究工作。

李群河 助理工程师,1955年生,1987年毕业于合肥工业大学计算机与信息系软件专业。现在地质矿产部第四物探大队研究所从事工程地震勘查仪器维修及浅层地震研究工作。

谭明友 工程师,1963年生,1986年毕业于华东石油学院物探专业。主要从事物探资料解释方法研究,发表学术论文多篇。现在胜利石油管理局物探公司研究所从事油藏描述工作。

蔡大江 工程师,1950年生,1975年毕业于长春地质学院石油物探专业。从事过地震资料采集、处理、解释及方法研究工作。现在地质矿产部第五物探大队从事地震资料解释工作。

刘玄烨 工程师,1965年生,1986年毕业于长春地质学院石油地质专业。从事过物探资料综合解释等工作。现在中原石油勘探局物探公司研究所仍从事物探资料解释工作。

王丙坤 工程师,1962年生,1983年毕业于华东石油学院物探专业。长期从事地震资料解释及方法研究,发表学术论文数篇。现在玉门石油管理局地调处研究所从事技术管理和科研工作。

乔敏 助理翻译,1965年生,1989年毕业于四平师范学院俄语系。发表过译文多篇。现在吉林石油管理局地调处信息中心从事俄语翻译工作。

钟绍华 工程师,1955年生,1980年毕业于昆明地质学校物探专业;1988年毕业于成都地质学院物探专业(函授班)。长期从事地震勘探野外施工方法研究,参加过“七五”、“八五”国家重点科技攻关课题研究工作。现在地质矿产部第二物探大队245队从事技术管理工作。

李其敏 高级测绘工程师,1936年生,1963年毕业于武汉测绘学院天文大地测量专业。长期从事克拉玛依油田及其它地区的三、四等三角网布设和平差计算工作。现在新疆石油管理局地调处从事测量技术管理和方法研究工作。

郑鸿明 工人,1962年生,1986年毕业于江汉石油学院物探专业(进修学历)。从事过VSP资料处理和静校正方法研究。现在新疆石油管理局地调处研究所从事静校正方法研究和地震资料处理软件开发工作。

李杰 高级工程师,1949年生,1976年毕业于合肥工业大学自动控制专业。长期从事计算机硬件现场维护工作。现在石油地球物理勘探局研究院处理中心任计算机室主任。