

倾斜叠加拾取中各参数对结果影响的研究^{*}

黄 忠

(厦门大学信息科学与技术学院 厦门 361005)

摘 要 反射波走时和梯度是反演的基本数据,从地震资料上拾取这些数据是层析成像的关键问题。文章推导和研究各参数对拾取结果的影响,最后通过实验得到拾取结果的最佳参数组,从而发现参数选取的一般规律。

关键词 倾斜叠加; 反射点模型; 梯度; 相似函数

中图分类号 TP391

Research on Effects Caused by Parameters of Declining Superposition Picking up

Huang Zhong

(Dept. of Communication Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005)

Abstract Travel time and gradient are basic data of inversion, picking up them from seismic data is the key issue in tomography. Various parameters which effect picking up results are derived and researched in this paper. Best parameters are obtained after carrying out experiments and general regularities of selecting parameters are also found.

Key Words slant stack, reflection point model, gradient, similar function

Class Number TP391

1 引言

地震勘探是探测地下地质构造的有效手段,它在石油、煤田和工程等探测领域都做出了重要贡献^[1]。地震资料经过处理,可以获得高质量的速度和反射波剖面,为油藏地质研究人员提供两井之间微幅度构造、低序级断层以及储层的纵横向展布等信息。而梯度的拾取就是其中的一个关键问题,与常规走时拾取相比,梯度的拾取更为困难^[2]。反射波同相轴拾取方法是基于倾斜叠加原理,在当前参考道的每一时间样点位置,进行局部倾斜叠加。这个过程在不同的道上循环实现。程序运行时通过拾取程序直接读入地震资料,设置参数,实现快速自动拾取过程。而相关的参数的选择对拾取结果影响非常大,如果参数能达到一个好的组合,可以使拾取结果更为准确,对反演中的迭代能起到很好的作用,可以尽量减少迭代中的发散。

2 梯度自动拾取的局部倾斜叠加方法

反射走时及其梯度层析成像要求拾取炮点和接收点对应的反射走时和梯度值。梯度数据是从地震道集中一组局部相关的同相轴上拾取的。局部相关的同相轴是指有一组(大概 10 道左右)连续的道,这些道上的同相轴可以连续追踪^[3~5]。

进行局部倾斜叠加的时候,并非考虑每道的数据本身,而是数据经过变换后对应解析道的包络值,这样起到了一个低通滤波的作用,减少了噪声干扰。若一道数据表示成 $tr(t)$, 则其对应的解析道定义为:

$$Atr(t) = tr(t) + i \cdot H(tr(t)) \quad (1)$$

其中的 H 代表的是希尔伯特变换 $H(tr(t)) = tr(t) * \frac{1}{\pi t}$, 包络表示成:

$$Etr(t) = |Atr(t)| = |tr(t) + i \cdot H(tr(t))| \quad (2)$$

* 收稿日期: 2010 年 8 月 20 日, 修回日期: 2010 年 9 月 30 日

作者简介: 黄忠, 男, 硕士研究生, 研究方向: 数字图像处理。

局部倾斜叠加通常对某一参考道附近的若干道进行加权叠加, 加权函数为 Hanning 窗, 其函数为:

$$H_{an}(x) = 0.5 + 0.5 \cos\left[\pi \frac{x}{L}\right], x \in [-L, L] \quad (3)$$

局部倾斜叠加可表示为:

$$SL_{Etr0}(p, t) = \sum_{j=-L}^L H_{an}(x_j - x_0) Etr_j[t + p(x_j - x_0)] \quad (4)$$

其中 x_0 表示参考道位置, x_j 表示实际道位置。局部倾斜叠加就是以参考道为中心位置, 沿斜率 P 直线上将相邻 $2L + 1$ 道进行加权叠加。选取这个叠加最大值, 它所对应的斜率就是所需要拾取的梯度值, 如图 1 中(a)所对应的 P_{x1} , 即为所求的梯度。在实际拾取过程中, 引入相似函数, 在图 1 中的(c), 它的大小介于 0~ 1, 它是每道数据标准化的平方包络值^[3]。相似函数如下:

$$SEM_{Etr0}(p, t) = \frac{\left[\sum_{j=-L}^L H_{an}(x_j - x_0) Etr_j[t + p(x_j - x_0)] \right]^2}{\sum_{j=-L}^L H_{an}(x_j - x_0) | Etr_j[t + p(x_j - x_0)] |^2} \quad (5)$$

在拾取过程中, 相似函数的选取对结果的影响非常大, 选取相应的相似函数值, 剔除掉一些点, 使结果更加准确。

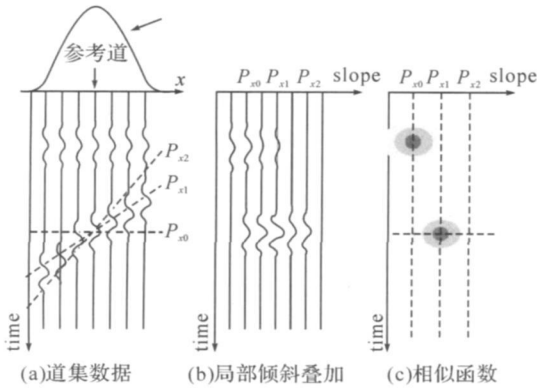


图 1 梯度拾取原理

3 反射点模型中各参数的推导和分析

在立体层析成像中, 对于同相轴上点的拾取以及描述是通过下面五个参数 (T_{SR} , P_S , P_R , x_S , x_R) 来进行。 T_{SR} 是反射走时, x_S , x_R 分别是发射点和接收点的位置, 炮点和接收点的

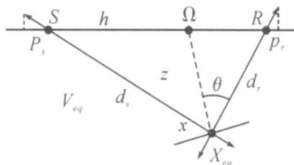


图 2 反射点等效模型图

走时梯度为 P_S 和 P_R 。根据几何原理我们可以得到图 2 所示等效模型。

走时梯度 P_S 和 P_R 分别为: $P_R = \left(\frac{\partial T_{SR}}{\partial x_R} \right)_{x_S}$, $P_S = \left(\frac{\partial T_{SR}}{\partial x_S} \right)_{x_R}$ 在图 2 中, 点 X_q 做为下行波的单一深度反射点, 位置用坐标 (x_M, z_M) 来表示, 在均匀介质中速度为 v_{eq} , 因此可以用三个参数来描述这个等效模型, 即: (v_{eq}, x_M, z_M) 。基于运动学和几何学原理, 这三个参数所组成的模型可以通过 $(T_{SR}, P_S, P_R, x_S, x_R)$ 计算得来。我们令 d_S, d_R 分别表示炮点到反射点的距离和接收点道反射点的距离, 等效慢度为等效速度的倒数, 即: $s_{eq} = 1/v_{eq}$ 。如此可以得到以下关系式:

$$\begin{cases} z_M = d_S \frac{\sqrt{s_{eq}^2 - P_S^2}}{s_{eq}} = d_R \frac{\sqrt{s_{eq}^2 - P_R^2}}{s_{eq}} \\ s_{eq}(d_S + d_R) = T_{SR} \\ -\frac{P_S}{s_{eq}}d_S + \frac{P_R}{s_{eq}}d_R = 2h \end{cases} \quad (6)$$

由式(6)可以得到等效速度 v_{eq} ,

$$v_{eq}^2 = \frac{4h}{T_{SR}} \frac{T_{SR} - h(P_R - P_S)}{T_{SR}(P_R - P_S) + 4hP_S P_R} \quad (7)$$

我们设 x 为 SR 的中点 $x = (x_S + x_R)/2$, 于是有

$$\begin{cases} h + (x_M - x) = \frac{P_R}{s_{eq}}d_R \\ h - (x_M - x) = -\frac{P_S}{s_{eq}}d_S \end{cases} \quad (8)$$

给定 $2(x_M - x) = (P_S d_S + P_R d_R)/s_{eq}$, 于是就分别得到了 x_M 和 z_M 。表达式如下:

$$\begin{cases} x_M = x - h \frac{T_{SR}(P_R + P_S)}{T_{SR}(P_R - P_S) + 4hP_S P_R} \\ z_M = \frac{(T_{SR} + 2hP_S)(T_{SR} - 2hP_R)}{T_{SR}(P_R - P_S) + 4hP_S P_R} \sqrt{\frac{h(P_R - P_S)}{T_{SR} - h(P_R - P_S)}} \end{cases} \quad (9)$$

在程序中我们可以通过设置 v_{eq}, x_M 和 z_M 等参数的限度来控制拾取结果。

4 实验结果

实验数据是 marmousoft 模型的理论数据, 该数据是人工合成, 共有 261 炮, 25056 道。图 3 给出的(a)和(b)是第 24 炮的共炮点拾取结果, (c)和(d)是第 107 各接收点对应的共接收点拾取结果。其中(a)和(c)取其原始的参数, 即: 相似函数取 0.1, 等效速度 v_{eq} 取成大于 1.5km/s, 能量值/公式为 $-20 \log(E_p/E_d)$ 取大于 -20, x_M 和 z_M 维持拾取值。(b)和(d)经过反复选择不同参数, 最后给出

相对较好的一组,如下:相似函数值取成大于 0.85,等效速度 v_q 取成 1.5 km/s 到 5.0 km/s 之间,能量值取为大于 -10.5, x_M 和 z_M 分别为大于 0 和大于 3695 小于 12928。

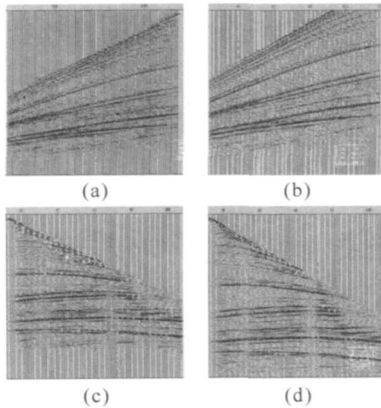


图3 marmousoft 模型的拾取结果

从图3中可以明显看出,(b)和(d)要比(a)和(c)的拾取点少,其中相似度底,道上能量值底的点以及坏点都被剔除了,从而避免这些不合格的点反演造成不好的影响。

图4是 263line_mute_age 模型拾取结果,该模型为加了噪声的实际数据,共有 315 炮,113386 道。其中(a)和(b)都是共炮点拾取,为第 33 炮。(a)取其原始的参数,即:相似函数取 0.1,等效速度 v_q 取成大于 3km/s,能量值{公式为 $-20\log(E_p/E_d)$ }取大于 -20, x_M 和 z_M 维持拾取值。(b)经过反复选择不同参数,最后给出相对较好的一组,如下:相似函数值取成大于 0.46,等效速度 v_q 取成 2.4km/s~12.5km/s 之间,能量值取为大于 -14.5, $x_M > 193$, $1 < z_M < 64927$ 。

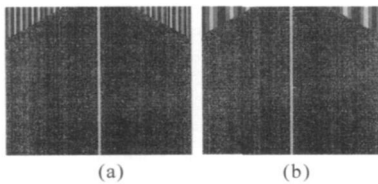


图4 263line_mute_age 模型拾取结果

5 结语

通过不同参数选取的反复试验,得到不同拾取结果,进行对比。可以发现当数据是没有噪音干扰理论模型时,可以将相似函数,能量值的下限取大,基本上相似函数值大于 0.5,能量值大于 -12。相似函数取大可以避免同一个点的重复拾取和在同一同相轴上相邻极近的两个点的拾取,而能量值取大则剔除了道上弱小的点,等效速度以及放射点的位置可以根据拾取前对模型大小进行分析来选取;而数据是有噪音干扰实际模型时,相似函数取 0.5 以下,能量值保持 -15 以下,这样能加大真实点的拾取,使拾取结果更为准确。

参考文献

- [1] 孔庆丰,等.井间地震下行反射波成像方法初探[J].天然气工业,2007,27(增刊A):107~108
- [2] 刘保金.共偏移距地震反射波方法用于城市活断层探测[J].地震地质,2006.09
- [3] 黄剑航.反射波走时及其梯度层析成像方法研究[D].厦门:厦门大学硕士学位论文,2008,7
- [4] 江玉乐,钟本善.折射初至同相轴自动拾取[J].物探化探计算技术
- [5] 张军华,赵勇,等.用小波变换与能量比方法联合拾取初至波[J].物探化探计算技术,2002(4)
- [6] Frederic Billette, Soazig Le Bégat. Practical aspects and applications of 2D stereotomography. GEOPHYSICS, 2003, 68(3): 1008~1021
- [7] GILLES LAMBAR, et al. Stereotomography: past, present and future. EAGE 66th Conference & Exhibition Paris, France, 2004, 6: 7~10
- [8] Gilles Lambare, Frederic Billette. Velocity macro model estimation from seismic reflection data by stereotomography. Geophys, 1998, 5
- [9] Gilles Lambaré Mathias Alerini Stereotomographic picking in practice SEG Int'l 1 Exposition and 74th Annual Meeting, 2004, 10
- [5] 郎波,刘旭东,王怀民,等.一种软件可信分级模型[J].计算机科学与探索,2010,4(3):231~239
- [6] 余志伟.面向业务过程的信息系统安全需求识别方法及其关键技术研究[D].浙江大学博士论文,2006,10
- [7] 张海梅,贲可荣.软件维护成熟度模型的应用探讨[J].计算机工程与科学,2007,29(5):105~108
- [8] 刘孟仁,贲可荣,等译.能力成熟度模型(CMM):软件过程改进指南[M].北京:电子工业出版社,2001

(上接第 132 页)

- [2] Benjamin Fabian, Seda Gorses, Maritta Heisel, et al. A Comparison of security requirements engineering methods[J]. Requirements Eng, 2010, 15(1): 7~40
- [3] 张靖,赵翀,贲可荣.测试成熟度模型及其评估算法[J].舰船电子工程,2007,27(1):81~83
- [4] 贲可荣,何智勇.软件工程[M].北京:机械工业出版社,2009