

文章编号:1671-8585(2009)06-0441-04

基于地震时窗属性特征拾取初至方法对比研究

孙淑琴,王彦春,何巍巍,谭琴辉

(中国地质大学(北京)地下信息探测技术与仪器教育部重点实验室,北京 100083)

摘要:为了提高复杂地区初至拾取的精度和效率,对基于地震道时窗属性特征拾取初至的能量比法、振幅比法、瞬时强度比法和曲线长度比法进行了对比研究,着重分析了 4 种方法的拾取精度。研究表明:4 种方法都能准确、有效地拾取初至,能量比法和瞬时强度比法拾取精度明显高于振幅比法和曲线长度比法;通过变换滑动时窗长度和加入稳定因子,4 种方法都能更准确、更有效地拾取初至。

关键词:时窗属性;能量比;振幅比;初至

中图分类号:P631.4

文献标识码:A

在地震勘探中,准确快速地拾取初至波的旅行时是地表低速带静校正的基础^[1]。目前,初至拾取的方法很多,如相关法、能量比法、分形维法及神经网络法等^[2~6]。对于地震初至简单的地区,用一般的初至拾取方法就能满足要求;但对于复杂地区,由于初至波形变化较大,各种波相互干扰,常常难以判断初至时间。因此,如何进一步提高初至拾取的准确性和稳定性、增强自动化程度和抗干扰能力,是一个值得研究的课题。

本文对能量比法、振幅比法、瞬时强度比法和曲线长度比法自动拾取初至的效果进行了对比^[7~9],通过变换滑动时窗长度和添加稳定因子提高了方法拾取初至的精度^[10~12]。

1 基本原理

1.1 变换滑动时窗长度

基于时窗属性的初至拾取算法都是以时窗后部与前部属性的比值为特征值,所以时窗的选用对拾取精度有很大影响。以往的做法是选用固定时窗或滑动时窗,固定时窗是指一旦时窗长度确定后,时窗就固定了,在很多情况下,采用这种时窗拾取的初至时间是不正确的;滑动时窗是指时窗长度确定后,时窗并不是固定不变的,而是从道头开始,慢慢地移动,每次一个采样间隔,循环一个时窗,这种方法至少可以提高一倍的精度。

变换滑动时窗长度是指按一定步长变换时窗长度来计算初至。根据不同的时窗长度每道将计算出一系列的初至,这些初至时间基本服从正态分布,我们可以选择初至最集中的那个时间作为真正的初至。实际资料检验发现,这种方法大大提高了初至拾取的精度。

1.2 基于时窗属性的初至拾取方法

地震记录初至到来前后其能量、振幅、瞬时强度、波形都有很大的变化,提取这些属性特征能很好地判断初至。

1) 特征值 A_1 :时窗后部与前部记录能量比。

$$A_1 = \frac{\left[\sum_{t=T_0}^{T_2} x^2(t) \right]^{\frac{1}{2}} + \alpha A}{\left[\sum_{t=T_1}^{T_0} x^2(t) \right]^{\frac{1}{2}} + \alpha A} \quad (1)$$

式中: $x(t)$ 为地震记录振幅值; T_1 为时窗起点; T_0 为时窗中点; T_2 为时窗终点; $A = \left[\sum_{t=0}^T x^2(t) \right]^{\frac{1}{2}} / N$ 为一个地震道的相对能量,其中 N 为所用地震道的样点数; α 为稳定系数,可以根据不同的资料进行调整。

2) 特征值 A_2 :时窗后部与前部振幅绝对值之比。

$$A_2 = \frac{\sum_{t=T_0}^{T_2} |x(t)| + \alpha B}{\sum_{t=T_1}^{T_0} |x(t)| + \alpha B} \quad (2)$$

式中: $B = \sum_{t=0}^T |x(t)| / N$ 为一个地震道的相对振幅,其余参数同上。

3) 特征值 A_3 :时窗后部与前部瞬时强度之比。

$$A_3 = \frac{\left[\sum_{t=T_0}^{T_2} q^2(t) \right]^{\frac{1}{2}} + \alpha C}{\left[\sum_{t=T_1}^{T_0} q^2(t) \right]^{\frac{1}{2}} + \alpha C} \quad (3)$$

收稿日期:2009-05-04;改回日期:2009-06-03。

第一作者简介:孙淑琴(1984-),女,山东烟台人,硕士研究生,主要从事储层预测方面的研究工作。

式中： $q(t) = \sqrt{x^2(t) + \hat{x}^2(t)}$ 为瞬时强度， $\hat{x}(t)$ 是 $x(t)$ 的希尔伯特变换； $C = \left[\sum_{t=0}^T q^2(t) \right]^{\frac{1}{2}} / N$ 为一个地震道的相对强度；其余参数同上。

4) 特征值 A_4 ：时窗后部与前部曲线长度之比。

$$A_4 = \frac{\sum_{t=T_0}^{T_2} \sqrt{[x(t+\Delta t) - x(t)]^2 + \Delta t^2} + aD}{\sum_{t=T_1}^{T_0} \sqrt{[x(t+\Delta t) - x(t)]^2 + \Delta t^2} + aD} \quad (4)$$

式中： $D = \sum_{t=0}^T \sqrt{[x(t+\Delta t) - x(t)]^2 + \Delta t^2} / N$ 为一个地震道的相对曲线长度，其余参数同上。

按照以上公式提取各种属性，然后选择特征值

的最大值，在其对应的时窗内寻找起跳点，该样点所对应的时间即为该道的初至时间。

在初至拾取过程中，我们发现初至到达前的采样数据有时幅值很小或趋于零，因此对时窗前、后的属性分别加了一个稳定因子。

2 实例分析

采用能量比法、振幅比法、强度比法和曲线长度比法对某工区的单炮地震记录自动拾取了初至。每道拾取的起点为道记录起点，终点为道记录终点。地震记录长度为 2 000 ms，采样间隔为 4 ms。

根据各种属性的提取方法及公式，计算得到地震道能量比、振幅比、瞬时强度比和曲线长度比的特征值曲线，如图 1 所示。

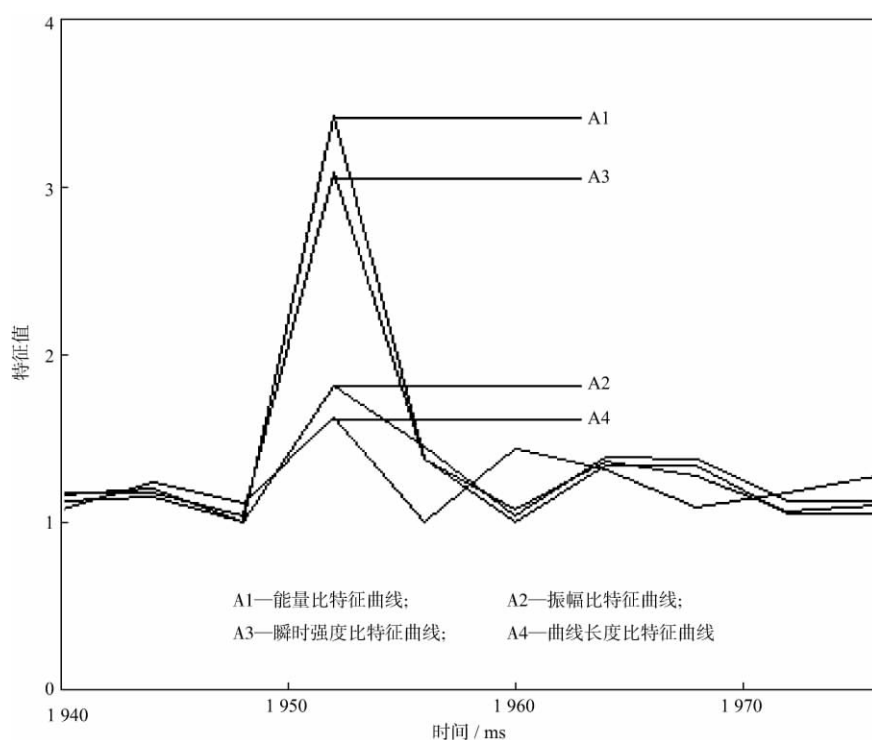


图 1 地震道特征曲线

从图 1 可以看出，特征值的最大值最明显的是能量比法特征曲线 A1 和瞬时强度比法特征曲线 A3，其次是振幅比法特征曲线 A2，特征值的最大值最不明显的是曲线长度比法特征曲线 A4。特征值的最大值越大就越能准确地找到初至所在的时窗。在所在时窗内寻找起跳点，即获得道记录的初至时间。

图 2~图 5 分别为 4 种方法基于滑动时窗、变换滑动时窗长度对工区某炮记录拾取初至的结果，可见变换滑动时窗长度拾取的结果明显优于滑动

时窗拾取的结果，即变换滑动时窗长度能提高拾取精度。从图 2b~5b 可以看出，4 种方法都能有效拾取初至，但采用能量比法和瞬时强度比法拾取的初至曲线更加光滑，而且异常点也大为减少。从拾取精度上看，能量比法和瞬时强度比法明显优于振幅比法和曲线长度比法。在 4 种方法拾取的初至中存在少数异常点，尤其在炮点附近，这可能是由于噪声干扰或初至到来太早、能量变化太大所致，这个问题可以通过设置参考道来进行校正，或进行人工修正。

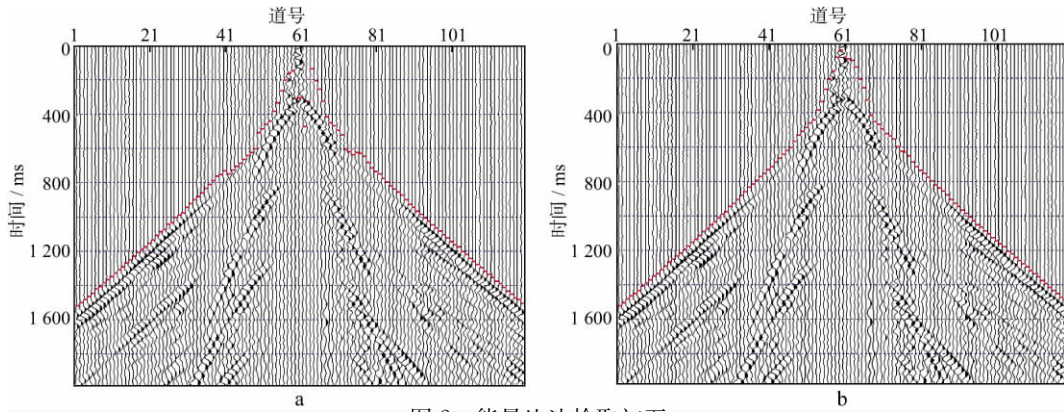


图 2 能量比法拾取初至

a 采用滑动时窗; b 采用变换滑动时窗长度

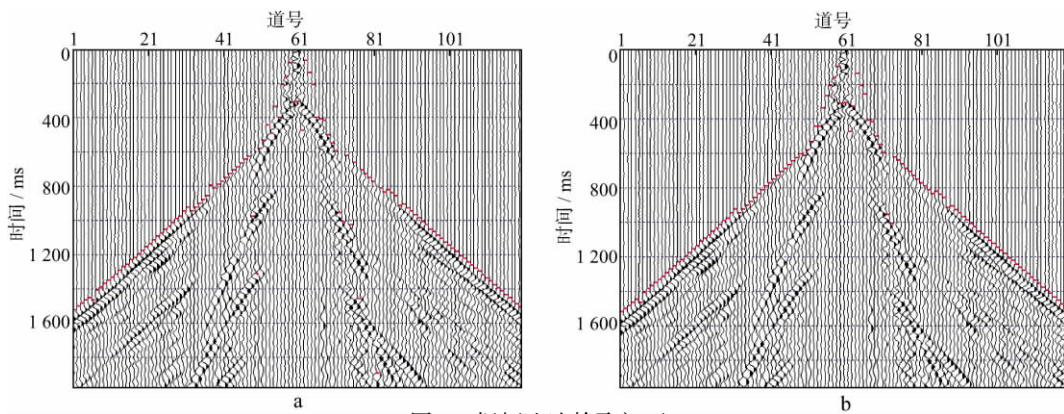


图 3 振幅比法拾取初至

a 采用滑动时窗; b 采用变换滑动时窗长度

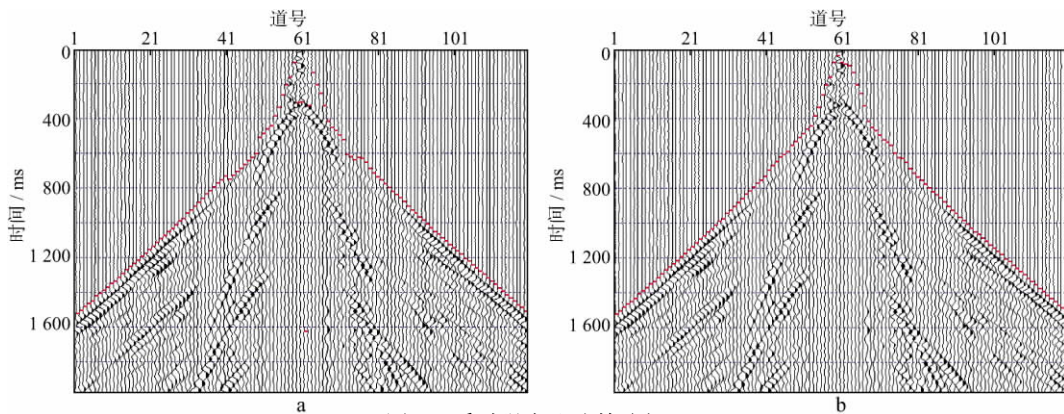


图 4 瞬时强度比法拾取初至

a 采用滑动时窗; b 采用变换滑动时窗长度

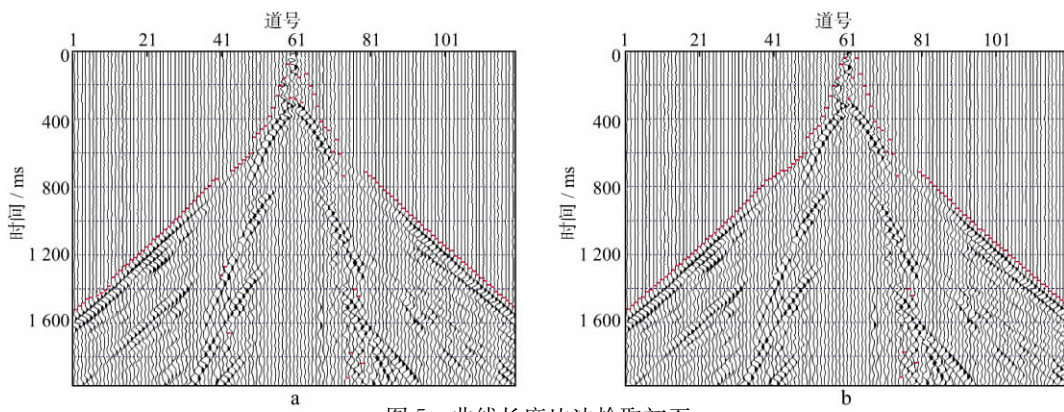


图 5 曲线长度比法拾取初至

a 采用滑动时窗; b 采用变换滑动时窗长度

3 结束语

1) 基于地震时窗属性特征的能量比法、振幅比法、瞬时强度比法和曲线长度比法都能准确、快速、有效地拾取初至。能量比法和瞬时强度比法效果要优于振幅比法和曲线长度比法。

2) 变换滑动时窗长度拾取的初至精度比滑动时窗要高。

初至拾取在地震数据处理中起到很重要的作用,因此,我们一方面要不断地改善原有的拾取方法,另一方面要提出新方法新技术以提高拾取精度。

参 考 文 献

- 1 刘连升. 约束初至拾取与初至波剩余静校正[J]. 石油地球物理勘探, 1998, 33(5): 604~610
- 2 曾富英, 李敏锋, 申维. 地震初至拾取的分形研究[J]. 现代地质, 2002, 16(2): 209~213
- 3 Boschetti F, Dentith M D, List R D. A fractal-based algorithm for detecting first arrivals on seismic traces [J]. Geophysics, 1993, 61(4): 1 095~1 102

- 4 王彦春, 苑春芳. 静校正及神经网络处理技术[M]. 北京: 地质出版社, 2000. 1~116
- 5 姜少之, 张志禹. 相空间地震波初至时刻拾取[J]. 西北地震学报, 2006, 28(1): 11~14
- 6 庄东海, 许云, 乌达巴拉. 地震道时窗属性特征检测初至时间的研究[J]. 江汉石油学院学报, 1999, 21(4): 45~48
- 7 张军华, 赵勇, 赵爱国, 等. 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, 24(4): 309~312
- 8 Joseph B M, Douglas R S. First-break timing: Arrival onset times by direct correlation[J]. Geophysics, 1999, 64(5): 1 492~1 501
- 9 Michael J G. Static correction for seismic reflection survey[M]. Tulsa, Oklahoma: The Society of Exploration Geophysicists, 1999. 1~531
- 10 钱能. C++程序设计教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999. 1~468
- 11 郑莉, 董渊. C++语言程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999. 1~358
- 12 左国平, 王彦春, 隋荣亮. 利用能量比方法拾取地震初至的一种改进方法[J]. 石油物探, 2004, 43(4): 345~347

(编辑: 戴春秋)

(上接第 434 页)

信号;图 8b 为利用本文提出的方法压制面波后的单炮记录,面波压制比较彻底,滤波后的差值剖面(图 8c)上不包含有效信号。可见,这种方法在压制强干扰的同时,有效信号得到了保护。

4 结论

为了有效衰减高能噪声,本文提出了利用 Gabor 变换对地震信号变换,在时间-频率域对地震信号进行局部分析并确定噪声的时空分布位置,进行噪声的自适应衰减。实际数据处理表明本文提出的方法在有效压制高能噪声的同时能较好地保护有效信号。

参 考 文 献

- 1 李庆忠. 走向精确勘探的道路[M]. 北京: 石油工业出

版社, 1994. 106~112

- 2 渥·伊尔马滋. 地震数据处理[M]. 黄绪德, 袁明德译. 北京: 石油工业出版社, 1994. 59~67
- 3 王卫华. 利用中值相关滤波预测相干信号[J]. 石油地球物理勘探, 2000, 35(3): 273~282
- 4 吴剑华, 刘贵忠. 基于小波变换域上的 KL 变换的地震信号去噪方法[J]. 信号处理, 1997, 13(4): 298~304
- 5 Chakraborty A, Okaya D. Frequency-time decomposition of seismic data using wavelet-based methods[J]. Geophysics, 1995, 60(6): 1 906~1 916
- 6 杨福生. 小波变换的工程分析与应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 207~211
- 7 Mallat G, Zhang Zhifeng. Matching pursuit with time-frequency dictionaries[J]. IEEE Transactions on signal processing, 1993, 41(12): 3 397~3 414

(编辑: 任 鹏)