

张伟,王彦春,李洪臣,等.地震道瞬时强度比法拾取初至波.地球物理学进展,2009,24(1):201~204

Zhang W, Wang Y C, Li H C, et al. Seismic first arrival pickup using instantaneous intensity ratio. *Progress in Geophysics*. (in Chinese), 2009, 24(1):201~204

地震道瞬时强度比法拾取初至波

张 伟¹, 王彦春¹, 李洪臣², 谭昌勇¹

王连山^{1,3}, 赵贵菊^{1,4}, 秦亚玲^{1,5}

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

2. 辽河油田特种油开发公司, 盘锦 124010; 3. 华北油田分公司, 廊坊 065000;

4. 胜利油田东辛地质研究所, 东营 257077; 5. 中原油田分公司物探研究院, 濮阳 4 57001)

摘 要 本文结合地震记录时窗属性和瞬时属性特征,提出了一种改进算法—基于时窗的瞬时强度比法.该方法的基本原理是通过复数道分析来提取地震记录的瞬时属性,采用强度比来判断初至时间.研究表明,滑动时窗能量比法的处理效果较差,在拾取过程中对某些特殊点的处理上存在误差较大;而采用瞬时强度比法后,初至曲线的同向轴变得更加光滑,拾取异常点的情况大为减少,从而有效的提高拾取的精度.

关键词 复数道分析,瞬时强度,希尔伯特变换,拾取,初至

中图分类号 P631

文献标识码 A

文章编号 1004-2903(2009)01-0201-04

Seismic first arrival pickup using instantaneous intensity ratio

ZHANG Wei¹, WANG Yan-chun¹, LI Hong-chen², TAN Chang-yong¹,

WANG Lian-shan^{1,3}, ZHAO Gui-ju^{1,4}, QIN Ya-ling^{1,5}

(1. Key Laboratory of Underground Information Detection Technique and Instrument of Ministry of Education;

China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Special Oil Development Company of Liaohe Oilfield,

Panjin 124010, China; 3. Huabei Oilfield, Langfang 065000, China; 4. Dongxi GeoSciences institute of Shengli Oilfield,

Dongying 257077, China; 5. Geophysical Research Institute of Zhongyuan Oilfield, Puyang 457001, China)

Abstract According to seismic attributes of time windows and instantaneous moments, an improved algorithm based on the window of the instantaneous intensity ratio is proposed. The basic theory is that instantaneous attributes are computed with complex trace analysis and first arrival with the intensity ratio method. The results show that the effect of rolling time windows is poor and larger errors exist in the process of picking some special points. When using the instantaneous intensity ratio method, the event of first arrival curve becomes more smooth, and abnormal points have greatly reduced, thus the accuracy of picking is greatly enhanced.

Keywords complex trace analysis, instantaneous intensity, Hilbert transform, pickup, first arrival

0 引 言

初至拾取是地震资料处理的组成部分,是静校正工作的核心内容,好的初至拾取方法可以提高静校正的准确性,从而有效的提高资料处理的质

量^[1~3].初至拾取的本质就是要确定地震道上纯噪声信号和噪音与地震叠加信号之间的分界时刻.传统的初至拾取方法主要分为两大类:一类是基于地震记录瞬时特征,如极值法(峰值检测)、差分法等.这类方法对噪声比较敏感,当地震记录的噪声较严重时,难以准确拾取初至.另一类是基于地震记录时

收稿日期 2008-03-10; 修回日期 2008-11-20.

基金项目 国家 863 计划重大项目(2001AA602018)资助.

作者简介 张伟,男,1977年生,辽宁盘锦人,中国地质大学(北京)地球探测与信息技术专业博士研究生,现从事地震资料数据处理方法研究及软件开发工作.(E-mail:inshfd@126.com)

窗特征,如能量比、振幅比法等.这类方法虽然目前应用较多,但在拾取效率和准确性等方面仍有不足^[4~7].

本文基于地震道瞬时属性特征及复数道的分析方法^[8~10],并结合时窗属性和瞬时属性的优点,提出了一种改进算法—基于时窗的瞬时强度比法.该方法通过希尔伯特变换提取地震信号瞬时属性,用强度比公式判断初至时间.实际处理效果表明,与能量比法相比较,瞬时强度比法的拾取效果更好,有助于提高地震记录拾取的精度.

1 基本原理

1.1 瞬时属性提取

地震信号的瞬时属性提取,通常采用复数道分析方法.复数道分析方法是把实测地震记录变为复数道,其实部为原始地震道,虚部通过对地震道的希尔伯特变换求得.其基本原理如下:

设地震道为 $x(t)$,则复地震道 $u(t)$ 可写为:

$$u(t) = x(t) + i \cdot \hat{x}(t), \quad (1)$$

其中 $\hat{x}(t) = 1/\pi t * x(t)$, $\hat{x}(t)$ 为 $x(t)$ 的希尔伯特变换,变换因子为 $h(t) = 1/\pi t$.

地震道经过复数变换后,可以方便地从地震记录中分离出波的瞬时振幅、瞬时频率、瞬时相位等参数.

瞬时振幅:

$$q(t) = |u(t)| = \sqrt{x^2(t) + \hat{x}^2(t)}. \quad (2)$$

瞬时相位:

$$\theta(t) = \text{tg}^{-1} \frac{\hat{x}(t)}{x(t)}. \quad (3)$$

瞬时频率:

$$\omega(t) = \frac{d\theta(t)}{dt}. \quad (4)$$

1.2 强度比公式

由于地震记录的初至到来前后其瞬时强度有很大的变化,所以可以用该性质来判断初至时间.强度比是以后、前时窗长度内瞬时强度的平方和比值为特征值,它与能量比法的理论基本相同,见图 1.通过对一道地震记录的扫描,选择特征值最大值所对应的时窗,然后在该窗内寻找起跳采样点,这点所对应的的时间即为该道的初至时间.公式(5)给出了强度比公式:

$$A = \frac{\left| \sum_{t=T_0}^{T_2} q^2(t) \right|^{\frac{1}{2}}}{\left| \sum_{t=T_1}^{T_0} q^2(t) \right|^{\frac{1}{2}}}, \quad (5)$$

式中, A 为特征值, $q(t)$ 为瞬时强度,即

$$q(t) = \sqrt{x^2(t) + \hat{x}^2(t)},$$

$x(t)$ 是为上文指出的地震记录, $\hat{x}(t)$ 是 $x(t)$ 的希尔伯特变换, T_1 为时窗起点, T_0 为时窗中点, T_2 为时窗终点.

计算中发现,有些情况下初至到达前的采样数据的幅值很小或趋于零,公式(5)中分母太小而导致计算结果失真.为了避免这种情况的发生及提高初至拾取的稳定性,对前、后时窗的能量分别加上一个稳定因子 αC ,公式(5)可改为:

$$A = \frac{\left[\sum_{t=T_0}^{T_2} q^2(t) \right]^{\frac{1}{2}} + \alpha C}{\left[\sum_{t=T_1}^{T_0} q^2(t) \right]^{\frac{1}{2}} + \alpha C}, \quad (6)$$

式中

$$C = \frac{\left[\sum_{t=0}^T q^2(t) \right]^{\frac{1}{2}}}{N}$$

为一个地震道的相对强度, N 为一道地震记录的采样点数, α 为稳定系数,可以根据不同的资料进行调整.

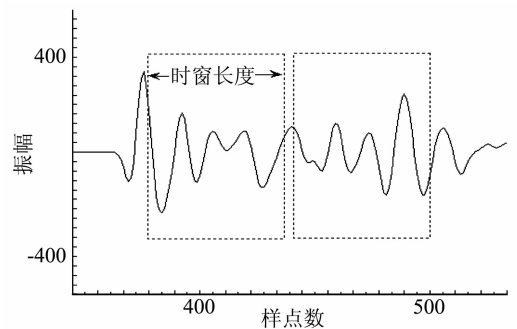


图 1 瞬时强度比法

Fig. 1 Instantaneous intensity ratio method

2 实例分析

为了便于比较,给出了青海某工区内一炮记录分别采用能量比法和瞬时强度比法的初至曲线.该炮采样间隔为 4 ms,每道样点数为 500.为体现瞬时强度比法拾取的适应性和优越性,程序未设定种子炮和参考道,每道拾取的起点为道起点样点 1,终点为道终止样点.

根据瞬时属性的提取方法及公式(6)给出的地震道强度比计算公式,计算得到此炮第 104 道时窗内后、前瞬时强度特征值曲线,如图 2 所示.然后在

对应的时窗内寻找到起跳点,该点即为此道的初至时间.对该炮所有道特征值进行求取,便可得到该炮的初至时间曲线,如图 3(b)所示.

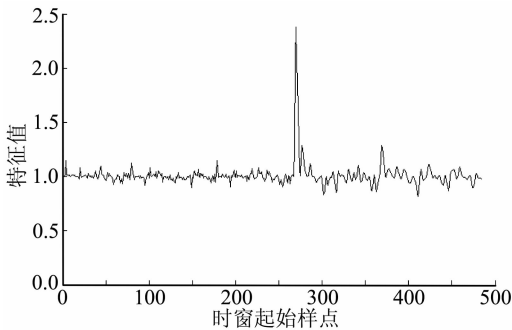


图 2 第 104 道瞬时强度特征值曲线

Fig. 2 Eigenvalue curve of instantaneous intensity ratio in trace 104

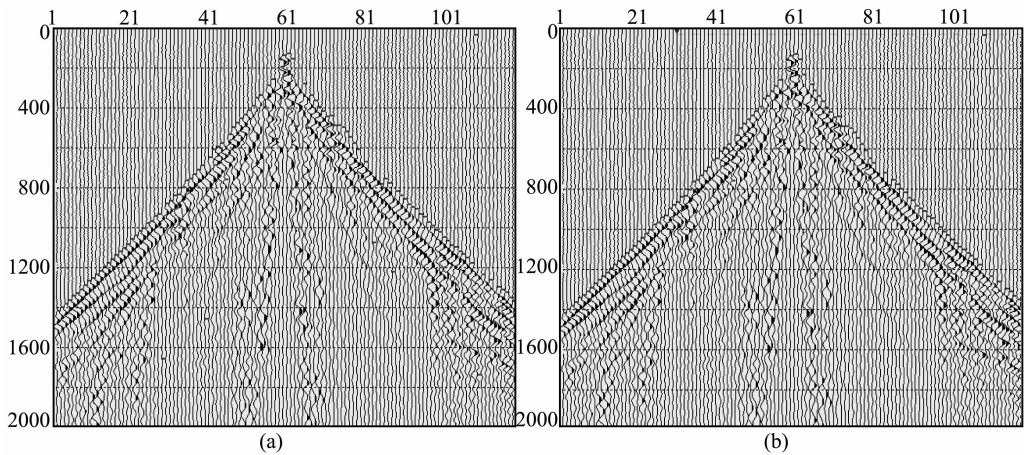


图 3 拾取结果对比

Fig. 3 Comparison of picking results

从图 3 中也可以看出,在未给定种子炮和参考道时窗宽度的情况下,滑动时窗能量比法的处理效果不好,在拾取过程中某些特殊点的处理上存在误差较大.而采用瞬时强度比法后,初至曲线的同向轴变的更加光滑,拾取异常点的情况大为减少,从而有效的提高了拾取的精度.当然,瞬时强度比法求得的初至曲线也存在着少数的异常点,这是由于噪音干扰或道中能量变化较大造成的,可以进一步通过设置种子炮参考道时窗或采用改变时窗长度的统计方法来消除.

3 结 论

利用基于地震道时窗属性特征及瞬时属性相结

表 1 某单炮部分道采用两种方法的初至时间

Table 2 Part of first arrival times of a single shot using two methods

道号	29	40	63	66	797	104
能量比法(ms)	1659	1456	492	504	1222	1100
瞬时强度比法(ms)	896	660	232	312	800	1104
时窗 20 ms						

表 1 为分别采用两种方法计算得到的部分道初至时间.图 3(a)为采用滑动时窗能量比法求得初至曲线,图 3(b)为采用瞬时强度比法求得的初至曲线.两种方法所用到的时窗宽度和滑动步长相同,分别为 20ms 和 1 个样间隔.表 1 中瞬时强度比法对应着正确的初至时间,能量比法对应着不正确的初至时间,两者比较可以看出,滑动时窗能量比法得到的初至时间误差较大,适应参考道时窗选择范围能力较弱,整体表现为拾取正确率降低.

合的强度比法能构准确、有效地拾取地震记录初至时间,且与滑动时窗能量比法相比较,在拾取正确率等方面效果更好,是一种提高初至拾取精度的有效方法.

参 考 文 献 (References):

- [1] Cox Michael J G. Static corrections for seismic reflection surveys[M]. Tulsa, Oklahoma: The Society of Exploration Geophysicists, 1999.
- [2] 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.
Wang Y C, Yuan C F. Static corrections and neural network Processing Technique [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000.
- [3] Chen Q, Steve S. Seismic attribut technology for reservoir

- forecasting and monitoring[J]. *The Leading Edge*, 1997, 16(5): 445~456.
- [4] Joseph B M, Douglas R S. First-break timing: arrival onset times by direct correlation[J]. *Geophysics*, 1999, 64(5): 1492~1501.
- [5] 李辉, 戴旭初, 葛洪魁, 等. 基于互信息量的地震信号检测和初至提取方法[J]. *地球物理学报*, 2007, 50(4): 1190~1197.
Li H, Dai X C, Ge H K, *et al.* Seismic signal detection and first arrival pickup based on mutual information[J]. *Chinese J. Geophys. (in Chinese)*, 2007, 50(4): 1190~1197.
- [6] 金雷, 李月, 杨宝俊. 用时频峰值滤波方法消减地震勘探资料中随机噪声的初步研究[J]. *地球物理学进展*, 2005, 20(3): 724~728.
Jin L, Li Y, Yang B J. Reduction of random noise for seismic data by time-frequency peak filtering [J]. *Progress in Geophysics (in Chinese)*, 2005, 20(3): 724~728.
- [7] 潘树林, 高磊, 周熙襄, 等. 基于单道边界检测和样条插值的初至波自动拾取[J]. *石油物探*, 2006, 45(3): 245~249.
Pan S L, Gao L, Zhou X X, *et al.* Automatic method of first break picking based on edge detection and spline interpolation [J]. *Geophysical Prospecting for Petroleum*, 2006, 45(3): 245~249.
- [8] 杨培杰, 印兴耀, 张广智. 希尔伯特-黄变换地震信号时频分析与属性提取[J]. *地球物理学进展*, 2007, 22(5): 1585~1590.
Yang P J, Yin X Y, Zhang G Z. Seismic signal time-frequency analysis and attributes extraction based on HHT[J]. *Progress in Geophysics (in Chinese)*, 2007, 22(5): 1585~1590.
- [9] 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.
Zhuang D H, Xu Y, Wuda B L. Picking up seismic arrival by seismic attributes within time windows[J]. *Journal of Jingham Petroleum Institute* 1999, 21(4): 45~48.
- [10] 吴雨梅, 吴律. 地震特征拾取及其在解释应用中的新进展[J]. *地球物理学进展*, 1996, 11(2): 123~136.
Wu Y M, Wu L. Seismic attributes picking and its last progress of application in interpretation [J]. *Progress in Geophysics (in Chinese)*, 1996, 11(2): 123~136.