



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114002733 B

(45) 授权公告日 2024.01.23

(21) 申请号 202111252909.2

CN 105319596 A, 2016.02.10

(22) 申请日 2021.10.27

CN 105487114 A, 2016.04.13

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 114002733 A

CN 106646610 A, 2017.05.10

CN 110954952 A, 2020.04.03

(43) 申请公布日 2022.02.01

CN 111308548 A, 2020.06.19

CN 112254022 A, 2021.01.22

(73) 专利权人 武汉科技大学  
地址 430081 湖北省武汉市青山区和平大道947号

CN 112526602 A, 2021.03.19

JP 2003218806 A, 2003.07.31

KR 101672652 B1, 2016.11.03

(72) 发明人 程爱平 周亚峰 姚鹏飞 王平  
杜澳宇 李鑫鹏

US 2004122596 A1, 2004.06.24

US 2011096626 A1, 2011.04.28

US 2012010795 A1, 2012.01.12

(74) 专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 42222

US 2015177402 A1, 2015.06.25

WO 2007028280 A1, 2007.03.15

专利代理师 俞琳娟

胡瑞卿. 基于自适应Morlet 小波的低信噪

比微震信号初至拾取方法研究. 地球物理学进

展. 2019, 第34卷(第2期), 561-567. (续)

(51) Int. Cl.  
G01V 1/28 (2006.01)

审查员 李哲

(56) 对比文件

CN 106896407 A, 2017.06.27

CN 104266894 A, 2015.01.07

CN 104914468 A, 2015.09.16

CN 105223614 A, 2016.01.06

权利要求书3页 说明书7页 附图5页

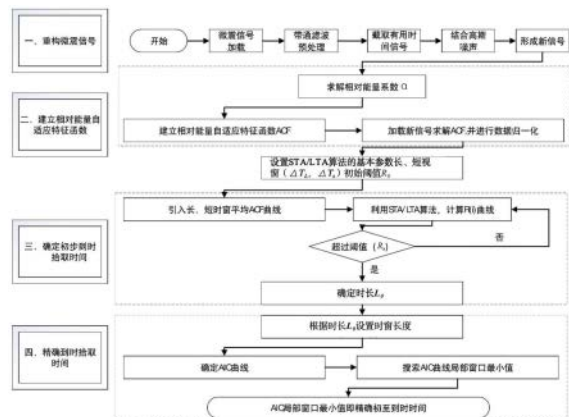
(54) 发明名称

微震波信号初至到时自动拾取方法及微震监测装置

索AIC曲线局部窗口的最小值即精确的微震波初至到时拾取时间。

(57) 摘要

本发明提供微震波信号初至到时自动拾取方法及微震监测装置,提高微震波初至到时拾取精度和数据处理效率。方法包括:步骤1、重构微震信号:利用带通滤波对加载微震信号进行预处理,截取微震有效信号结合高斯噪声进行降噪处理形成新信号;步骤2、建立相对能量自适应特征函数,引入相对能量系数 $\alpha$ 建立基于Allen包络函数的相对能量自适应特征函数ACF,对加载新信号求解ACF并进行数据归一化;步骤3、确定微震P波时长 $L_0$ ;步骤4、确定精确的初至到时拾取时间:基于时长 $L_0$ ,以能够包含微震波形的长度作为AIC拾取方法的时窗长度,确定AIC曲线,搜



CN 114002733 B

[接上页]

(56) 对比文件

Zhengzhao Liang 等. Microseismic

Monitoring and Numerical Simulation of  
Rock Slope Failure. International Journal  
of Distributed Sensor Networks. 2013, 1-10.

1. 一种微震波信号初至到时自动拾取方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、重构微震信号:利用带通滤波对加载微震信号进行预处理,截取微震有效信号结合高斯噪声进行降噪处理形成新信号;

步骤2、建立相对能量自适应特征函数,引入相对能量系数 $\alpha$ 建立基于Allen包络函数的相对能量自适应特征函数ACF,对加载新信号求解ACF并进行数据归一化;

$$ACF(i) = X^\alpha(i) + R \cdot (X(i) - X(i-1))^\alpha,$$

$$\alpha = 2e^{-\frac{R^2}{2}X(i)},$$

$$X(i) = \frac{|x(i)|}{x_{\max}},$$

式中: $x(i)$ 为波形的振幅值; $R$ 为与采样频率有关的权重系数; $\alpha$ 为相对能量系数; $e$ 为自然常数;

步骤3、确定微震P波时长 $L_0$ :

设置STA短时窗的长度 $\Delta T_s$ 、LTA长时窗的长度 $\Delta T_L$ 和初始阈值 $R_0$ ,进一步利用长短时窗平均自适应特征函数ACF,根据STA/LTA算法求解实时特征值 $R(i)$ ,判断条件 $R(i) \geq R_0$ ,若满足条件,确定 $R(i) \geq R_0$ 曲线段,得到微震P波初动点 $A_0$ 、初动时刻 $t_1$ 及微震P波时长,否则进入下一时刻滑动长短时窗,重新开始求解实时ACF和实时 $R(i)$ ,直至拾取成功,将此时对应的微震P波时长作为 $L_0$ ;

步骤4、确定精确的初至到时拾取时间:

基于时长 $L_0$ ,以能够包含微震波形的长度作为AIC拾取方法的时窗长度,确定AIC曲线,搜索AIC曲线局部窗口的最小值即精确的微震波初至到时拾取时间。

2. 根据权利要求1所述的微震波信号初至到时自动拾取方法,其特征在于:

其中,在步骤3中,加入整个长短时间窗的相对能量自适应ACF的平均值来平滑曲线,得到平滑ACF曲线;特征值 $R(i)$ 的计算公式为:

$$R(i) = \frac{\sum_{T_0}^{T_2} ACF(i) / n + 3 \sum_{T_1}^{T_2} ACF(i) / (n+m)}{\sum_{T_0}^{T_1} ACF(i) / m + 3 \sum_{T_1}^{T_2} ACF(i) / (n+m)},$$

式中: $T_1$ 为时窗起点, $T_2$ 为时窗终点, $T_0$ 为短、长时窗分界点; $n$ 与 $m$ 分别为短、长时窗内数据点数目。

3. 根据权利要求1所述的微震波信号初至到时自动拾取方法,其特征在于:

其中,在步骤4中,以时长 $L_0$ 的 $N$ 倍长度作为AIC拾取方法的时窗长度, $N > 1$ 。

4. 根据权利要求3所述的微震波信号初至到时自动拾取方法,其特征在于:

其中,在步骤4中, $N$ 取值范围为2~4。

5. 根据权利要求1所述的微震波信号初至到时自动拾取方法,其特征在于:

其中,在步骤4中,AIC曲线方程为:

$$AIC(i) = (i-2)\log(\text{var}(ACF[1,i])) + (L-2-i)\log(\text{var}(ACF[i+1,L])),$$

式中: $L$ 为相对能量自适应特征函数ACF的长度; $\text{var}(ACF[1,i])$ 为相对能量自适应函数ACF从1到 $i$ 时刻的方差。

6. 根据权利要求1所述的微震波信号初至到时自动拾取方法,其特征在于:

其中,在步骤4中,以初动点 $A_0$ 为时窗的中心时刻 $t_0$ ,搜索AIC局部窗口的最小值 $A_1$ ,最小值 $A_1$ 所对应的时间即为微震波初至到时拾取时间。

7. 一种微震监测装置,其特征在于,包括:

信号获取部,获取原始微震信号;

信号重构部,利用带通滤波对原始微震信号进行预处理,截取微震有效信号结合高斯噪声进行降噪处理形成新信号;

特征函数ACF确定部,建立相对能量自适应特征函数,引入相对能量系数 $\alpha$ 建立基于Allen包络函数的相对能量自适应特征函数ACF,对加载新信号求解ACF并进行数据归一化;

$$ACF(i) = X^\alpha(i) + R \cdot (X(i) - X(i-1))^\alpha,$$

$$\alpha = 2e^{-\frac{R^2}{2}X(i)},$$

$$X(i) = \left| \frac{x(i)}{x_{\max}} \right|,$$

式中: $x(i)$ 为波形的振幅值; $R$ 为与采样频率有关的权重系数; $\alpha$ 为相对能量系数; $e$ 为自然常数;

微震波时长 $L_0$ 确定部,设置STA短时窗的长度 $\Delta T_s$ 、LTA长时窗的长度 $\Delta T_L$ 和初始阈值 $R_0$ ,进一步利用长短时窗平均自适应特征函数ACF,根据STA/LTA算法求解实时特征值 $R(i)$ ,判断条件 $R(i) \geq R_0$ ,若满足条件,确定 $R(i) \geq R_0$ 曲线段,得到微震P波初动点 $A_0$ 、初动时刻 $t_1$ 及微震P波时长,否则进入下一时刻滑动长短时窗,重新开始求解实时ACF和实时 $R(i)$ ,直至拾取成功,将此时对应的微震P波时长作为 $L_0$ ;

初至到时时间拾取部,以 $L_0$ 的 $N$ 倍长度作为AIC拾取方法的时窗长度,确定AIC曲线,搜索AIC曲线局部窗口的最小值即精确的微震波初至到时拾取时间;以及

控制部,与所述信号获取部、所述信号重构部、所述特征函数ACF确定部、所述微震波时长 $L_0$ 确定部、所述初至到时时间拾取部均通信相连,控制它们的运行。

8. 根据权利要求7所述的微震监测装置,其特征在于,还包括:

输入显示部,与所述信号获取部、所述信号重构部、所述特征函数ACF确定部、所述微震波时长 $L_0$ 确定部、所述初至到时时间拾取部、所述控制部均通信相连,根据用户输入的操作

作指令,显示相应的信息。

9.根据权利要求8所述的微震监测装置,其特征在于:

其中,所述输入显示部对所述特征函数ACF确定部确定的自适应特征函数的CF图进行显示,还根据所述初至到时时间拾取部的计算结果对微震波初至到时拾取时间和拾取初至时间结果图进行显示。

## 微震波信号初至到时自动拾取方法及微震监测装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于微震监测技术领域,具体涉及一种微震波信号初至到时自动拾取方法及微震监测装置。

### 背景技术

[0002] 近年来,随着矿山开采深度的增加和开采强度的提高,极容易诱发矿震、岩爆、冒顶片帮等严重地质灾害,对人民的生命和财产安全造成了严重的威胁。微震监测技术对矿山微震活动的监测能很好起到的预警作用,而微震事件的识别和p波初至到时拾取是微震数据的基础,直接影响震源分析、定位与预测结果,微震P波初至到时拾取精度直接影响监测预警效果,能够有效帮助震源实时快速定位和灾害快速预警。

[0003] 对于微震波初至到时拾取,国内外最常见的两种方法是短长时平均比法(STA/LTA)与最小信息量准则法(AIC)。STA/LTA法计算简便、快捷,但由于特征函数选取的差异性与初始阈值设定的经验性,使得STA/LTA法到时拾取存在较大的误差,难以拾取精准的初动到时。AIC法在微震到时拾取上具有快捷、直观的特点,但由于其时窗位置及长度难以确定,不适合连续地震记录滑动进行分析,使其在工程应用上受到限制。

### 发明内容

[0004] 本发明是为了解决上述问题而进行的,目的在于提供一种微震波信号初至到时自动拾取方法及微震监测装置,能够准确识别信号和噪声之间的区别,对振幅和频率表现更敏感,并且能够自动拾取微震波信号,进一步提高微震波初至到时拾取精度和数据处理效率。

[0005] 本发明为了实现上述目的,采用了以下方案:

[0006] <方法>

[0007] 本发明提供一种微震波信号初至到时自动拾取方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0008] 步骤1、重构微震信号:利用带通滤波对加载微震信号进行预处理,截取微震有效信号结合高斯噪声进行降噪处理形成新信号;

[0009] 步骤2、建立相对能量自适应特征函数,引入相对能量系数 $\alpha$ 建立基于Allen包络函数的相对能量自适应特征函数ACF,对加载新信号求解ACF并进行数据归一化;

[0010]  $ACF(i) = X^{\alpha}(i) + R \cdot (X(i) - X(i-1))^{\alpha}$ ,

[0011] 
$$\alpha = 2e^{-\frac{R^2}{2}X(i)},$$

[0012] 
$$X(i) = \frac{|x(i)|}{x_{\max}},$$

[0013] 式中: $x(t)$ 为波形的振幅值; $R$ 为与采样频率有关的权重系数; $\alpha$ 为相对能量系数; $e$ 为自然常数;

[0014] 步骤3、确定微震P波时长 $L_0$ :

[0015] 设置STA短时窗的长度  $\Delta T_s$ 、LTA长时窗的长度  $\Delta T_L$ 和初始阈值  $R_0$ ,进一步利用长短时窗平均自适应特征函数ACF,根据STA/LTA算法求解实时特征值  $R(i)$ ,判断条件  $R(i) \geq R_0$ ,若满足条件,确定  $R(i) \geq R_0$ 曲线段,得到微震P波初动点  $A_0$ 、初动时刻  $t_1$ 及微震P波时长,否则进入下一时刻滑动长短时窗,重新开始求解实时ACF和实时  $R(i)$ ,直至拾取成功,将此时对应的微震P波时长作为  $L_0$ ;

[0016] 步骤4、确定初至到时时间:

[0017] 基于时长  $L_0$ ,以能够包含微震波形的长度作为AIC拾取方法的时窗长度,确定AIC曲线,搜索AIC曲线局部窗口的最小值即精确的微震波初至到时拾取时间。

[0018] 优选地,本发明提供的微震波信号初至到时自动拾取方法,还可以具有以下特征:在步骤3中,加入整个长短时间窗的相对能量自适应ACF的平均值来平滑曲线,得到平滑ACF曲线;特征值  $R(i)$  的计算公式为:

$$[0019] \quad R(i) = \frac{\sum_{T_0}^{T_2} ACF(i) / n + 3 \sum_{T_1}^{T_2} ACF(i) / (n + m)}{\sum_{T_0}^{T_1} ACF(i) / m + 3 \sum_{T_1}^{T_2} ACF(i) / (n + m)}$$

[0020] 式中:  $T_1$ 为时窗起点,  $T_2$ 为时窗终点,  $T_0$ 为短、长时窗分界点;  $n$ 与  $m$ 分别为短、长时窗内数据点数目。

[0021] 优选地,本发明提供的微震波信号初至到时自动拾取方法,还可以具有以下特征:在步骤4中,以时长  $L_0$ 的  $N$ 倍长度作为AIC拾取方法的时窗长度,  $N > 1$ 。

[0022] 优选地,本发明提供的微震波信号初至到时自动拾取方法,还可以具有以下特征:在步骤4中,  $N$ 取值范围为  $2 \sim 4$ 。

[0023] 优选地,本发明提供的微震波信号初至到时自动拾取方法,还可以具有以下特征:在步骤4中,AIC曲线方程为:

$$[0024] \quad AIC(i) = (i-2) \log(\text{var}(ACF[1, i])) + (L-2-i) \log(\text{var}(ACF[i+1, L]))$$

[0025] 式中:  $L$ 为相对能量自适应特征函数ACF的长度;  $\text{var}(ACF[1, i])$ 为相对能量自适应函数ACF从1到  $i$ 时刻的方差。

[0026] 优选地,本发明提供的微震波信号初至到时自动拾取方法,还可以具有以下特征:在步骤4中,以初动点  $A_0$ 为时窗的中心时刻  $t_0$ ,搜索AIC局部窗口的最小值  $A_1$ ,最小值  $A_1$ 所对应的时间即为微震波初至到时拾取时间。

[0027] <装置>

[0028] 本发明提供一种微震监测装置,其特征在于,包括:

[0029] 信号获取部,获取原始微震信号;

[0030] 信号重构部,利用带通滤波对原始微震信号进行预处理,截取微震有效信号结合高斯噪声进行降噪处理形成新信号;

[0031] 特征函数ACF确定部,建立相对能量自适应特征函数,引入相对能量系数  $\alpha$ 建立基于Allen包络函数的相对能量自适应特征函数ACF,对加载新信号求解ACF并进行数据归一化;

$$[0032] \quad ACF(i) = X^a(i) + R \cdot (X(i) - X(i-1))^a,$$

$$[0033] \quad a = 2e^{-\frac{R^2}{2} X(i)},$$

$$[0034] \quad X(i) = \frac{x(i)}{x_{\max}},$$

[0035] 式中： $x(t)$  为波形的振幅值； $R$  为与采样频率有关的权重系数； $\alpha$  为相对能量系数，对于噪声和弱振幅的区域反应敏感；

[0036] 微震波时长  $L_0$  确定部，设置 STA 短时窗的长度  $\Delta T_S$ 、LTA 长时窗的长度  $\Delta T_L$  和初始阈值  $R_0$ ，进一步利用长短时窗平均自适应特征函数 ACF，根据 STA/LTA 算法求解实时特征值  $R(i)$ ，判断条件  $R(i) \geq R_0$ ，若满足条件，确定  $R(i) \geq R_0$  曲线段，得到微震 P 波初动点  $A_0$ 、初动时刻  $t_1$  及微震 P 波时长，否则进入下一时刻滑动长短时窗，重新开始求解实时 ACF 和实时  $R(i)$ ，直至拾取成功，将此时对应的微震 P 波时长作为  $L_0$ ；

[0037] 初至到时时间拾取部，以  $L_0$  的  $N$  倍长度作为 AIC 拾取方法的时窗长度，确定 AIC 曲线，搜索 AIC 曲线局部窗口的最小值即精确的微震波初至到时拾取时间；以及

[0038] 控制部，与信号获取部、信号重构部、特征函数 ACF 确定部、微震波时长  $L_0$  确定部、初至到时时间拾取部均通信相连，控制它们的运行。

[0039] 优选地，本发明提供的微震监测装置，还可以包括：输入显示部，与信号获取部、信号重构部、特征函数 ACF 确定部、微震波时长  $L_0$  确定部、初至到时时间拾取部、控制部均通信相连，根据用户输入的操作指令，显示相应的信息。

[0040] 优选地，本发明提供的微震监测装置，还可以具有以下特征：其中，输入显示部对特征函数 ACF 确定部确定的自适应特征函数的 CF 图进行显示，还根据初至到时时间拾取部的计算结果对微震波初至到时拾取时间和拾取初至时间结果图进行显示。

[0041] 发明的作用与效果

[0042] 本发明通过相对能量系数建立基于 Allen 包络函数的相对能量自适应特征函数 ACF，解决微震波初动不显现及高阶次统计造成的初动微弱能量变化被消隐的问题，实现区分微震波的噪声和低振幅，相对能量自适应特征函数 ACF 中，相对能量系数  $\alpha$  是一个指数函数，由相对时间序列  $X(i)$  进行调整，对于低信噪比的信号，由相对能量系数  $\alpha$  建立的相对能量自适应特征函数 ACF 能够区分高强度噪声的变化，表现出信号和噪声之间差异的区别；对于高信噪比的信号，由相对能量系数  $\alpha$  建立的相对能量自适应特征函数 ACF 计算出的特征值处于较好的水平，能够分清信号与噪声之间的变化，对振幅和频率表现更敏感；对于不同的信噪比的特定信号，相对能量系数  $\alpha$  在噪声和低振幅区域信号表现出抑制作用很强，由相对能量系数  $\alpha$  建立的相对能量自适应特征函数 ACF 更适应于更大范围的信噪比的信号，基于此确定 ACF 函数后，以 STA/LTA 能量为基础的触发性 AIC 微震波自动到时拾取法，更适用于微震波初至自动到时拾取，进一步提高到时拾取的准确性和精度，以上过程无需人为操作和拾取，有效提高了微震源自动定位的精度和效率，保证了微震监测预警的准确性和实时性。

## 附图说明

[0043] 图1为本发明涉及的微震波信号初至到时自动拾取方法的流程图；

[0044] 图2为比较例中获取的原始微震信号的数据图；

[0045] 图3为比较例中涉及的不同特征函数的均值和方差对比图；

[0046] 图4为比较例中涉及的不同信噪比不同特征函数到时拾取时间对比图，其中 (a) 信噪比为5，(b) 信噪比为25；



[0047] 图5为比较例中涉及的采用本发明自适应特征函数ACF处理后的结果图；

[0048] 图6为比较例中涉及的本发明采用STA/LTA拾取器和基本时间间隔对微震P波确定时长 $L_0$ 的示意图；

[0049] 图7为比较例中涉及的本发明的AIC曲线图；

[0050] 图8为比较例中涉及的本发明的拾取初至时间结果图。

## 具体实施方式

[0051] 以下结合附图对本发明涉及的微震波信号初至到时自动拾取方法及微震监测装置的具体实施方案进行详细地说明。

[0052] <实施例>

[0053] 如图1所示,本实施所提供的微震波信号初至到时自动拾取方法,包括如下步骤:

[0054] 步骤1、重构微震信号:利用带通滤波对加载微震信号进行预处理,截取微震有效信号结合高斯噪声进行降噪处理形成新信号;

[0055] 步骤2、建立相对能量自适应特征函数,引入相对能量系数 $\alpha$ 建立基于Allen包络函数的相对能量自适应特征函数ACF,对加载新信号求解ACF并进行数据归一化;

[0056]  $ACF(i) = X^{\alpha}(i) + R \cdot (X(i) - X(i-1))^{\alpha}$ ,

[0057]  $\alpha = 2e^{-\frac{R^2}{2}X(i)}$ ,

[0058]  $X(i) = \left| \frac{x(i)}{x_{\max}} \right|$ ,

[0059] 式中: $x(t)$ 为波形的振幅值; $R$ 为与采样频率有关的权重系数; $\alpha$ 为相对能量系数; $e$ 为自然常数;

[0060] 步骤3、确定微震P波时长 $L_0$ :

[0061] 设置STA短时窗的长度 $\Delta T_S$ 、LTA长时窗的长度 $\Delta T_L$ 和初始阈值 $R_0$ ,进一步利用长短时窗平均自适应特征函数ACF,根据STA/LTA算法求解实时特征值 $R(i)$ ,特征值 $R(i)$ 的计算公式为:

[0062] 
$$R(i) = \frac{\sum_{T_0}^{T_2} ACF(i) / n + 3 \sum_{T_1}^{T_2} ACF(i) / (n+m)}{\sum_{T_0}^{T_0} ACF(i) / m + 3 \sum_{T_1}^{T_2} ACF(i) / (n+m)}$$

[0063] 式中: $T_1$ 为时窗起点, $T_2$ 为时窗终点, $T_0$ 为短、长时窗分界点; $n$ 与 $m$ 分别为短、长时窗内数据点数目;

[0064] 判断条件 $R(i) \geq R_0$ ,若满足条件,确定 $R(i) \geq R_0$ 曲线段,得到微震P波初动点 $A_0$ 、初动时刻 $t_1$ 及微震P波时长,否则进入下一时刻滑动长短时窗,重新开始求解实时ACF和实时 $R(i)$ ,直至拾取成功,将此时对应的微震P波时长作为 $L_0$ ;

[0065] 步骤4、确定精确的初至到时时间:

[0066] 以时长 $L_0$ 的 $N$ 倍长度作为AIC拾取方法的时窗长度,确定AIC曲线,以初动点 $A_0$ 为时窗的中心时刻 $t_0$ ,搜索AIC局部窗口的最小值 $A_1$ ,最小值 $A_1$ 所对应的时间即为微震波初至到时拾取时间。 $N$ 取2~4。

[0067] AIC曲线方程为:

[0068]  $AIC(i) = (i-2) \log(\text{var}(\text{ACF}[1, i])) + (L-2-i) \log(\text{Var}(\text{ACF}[i+1, L]))$

[0069] 式中:L为相对能量自适应特征函数ACF的长度;var(ACF[1, i])为相对能量自适应函数ACF从1到i时刻的方差。

[0070] 进一步,本发明还提供了基于以上方法进行微震监测的微震监测装置,该装置包括信号获取部、信号重构部、特征函数ACF确定部、微震波时长 $L_0$ 确定部、初至到时时间拾取部、输入显示部以及控制部。

[0071] 信号获取部用于获取原始微震信号,例如,矿山岩体破裂产生的微震信号、爆破产生的微震信号等。

[0072] 信号重构部利用带通滤波对原始微震信号进行预处理,截取微震有效信号结合高斯噪声进行降噪处理形成新信号。

[0073] 特征函数ACF确定部建立相对能量自适应特征函数,引入相对能量系数 $\alpha$ 建立基于Allen包络函数的相对能量自适应特征函数ACF,对加载新信号求解ACF并进行数据归一化。

[0074] 相对能量自适应特征函数ACF具体为:

[0075]  $ACF(i) = X^a(i) + R \cdot (X(i) - X(i-1))^a$ ,

[0076]  $a = 2e^{-\frac{R^2}{2}X(i)}$ ,

[0077]  $X(i) = \left| \frac{x(i)}{x_{\max}} \right|$ ,

[0078] 式中:x(t)为波形的振幅值;R为与采样频率有关的权重系数; $\alpha$ 为相对能量系数。

[0079] 微震波时长 $L_0$ 确定部设置STA短时窗的长度 $\Delta T_S$ 、LTA长时窗的长度 $\Delta T_L$ 和初始阈值 $R_0$ ,进一步利用长短时窗平均自适应特征函数ACF,根据STA/LTA算法求解实时特征值 $R(i)$ ,判断条件 $R(i) \geq R_0$ ,若满足条件,确定 $R(i) \geq R_0$ 曲线段,得到微震P波初动点 $A_0$ 、初动时刻 $t_1$ 及微震P波时长,否则进入下一时刻滑动长短时窗,重新开始求解实时ACF和实时 $R(i)$ ,直至拾取成功,将此时对应的微震P波时长作为 $L_0$ 。

[0080] 初至到时时间拾取部以 $L_0$ 的N倍长度作为AIC拾取方法的时窗长度,确定AIC曲线,搜索AIC曲线局部窗口的最小值即精确的微震波初至到时拾取时间。

[0081] 输入显示部与信号获取部、信号重构部、特征函数ACF确定部、微震波时长 $L_0$ 确定部、初至到时时间拾取部、控制部均通信相连,根据用户输入的操作指令,显示相应的信息。例如,输入显示部能够根据操作指令对特征函数ACF确定部确定的自适应特征函数的CF图进行显示,还能够根据初至到时时间拾取部的计算结果对微震波初至到时拾取时间和拾取初至时间结果图进行显示。

[0082] 控制部与信号获取部、信号重构部、特征函数ACF确定部、微震波时长 $L_0$ 确定部、初至到时时间拾取部、输入显示部均通信相连,控制它们的运行。

[0083] <比较例>

[0084] 选取山西某井工矿微震监测结果,将的方法进行测试说明。为了凸显相对能量自适应特征函数的优势,避免了拾取的不确定性,选定不同信噪比的微震信号,设定微震信号到达时间为1.756s,选取长短时窗和原始阈值及想信噪比四个参数,进行正交试验,忽略参数之间的相互作用,实验次数总计25次,对比分析见下表1。原始微震信号数据如图2所示。

[0085] 表1 微震波到时时间正交试验

序 数	不同参数				实验结果			
	$(\Delta T_s, \Delta T_L)$ /s	$R_0$	N	SNR /dB	Allen's CF $t_0/s$	Bear's CF $t_0/s$	Sedlak's CF $t_0/s$	ACF $t_0/s$
[0086]								
1	(0.05, 5.0)	0.08	2	5	2.060	2.060	2.458	1.774
2	(0.05, 5.0)	0.12	2.5	10	1.772	1.772	1.772	1.758
3	(0.05, 5.0)	0.16	3	15	1.756	1.756	1.756	1.756
4	(0.05, 5.0)	0.2	3.5	20	1.754	1.754	1.754	1.754
5	(0.05, 5.0)	0.24	4	25	1.754	1.754	1.754	1.754
6	(0.1, 5.0)	0.08	2.5	15	1.756	1.756	1.756	1.756
7	(0.1, 5.0)	0.12	3	20	1.754	1.754	1.754	1.754
8	(0.1, 5.0)	0.16	3.5	25	1.754	1.754	1.754	1.754
9	(0.1, 5.0)	0.2	4	5	1.774	2.060	1.756	1.774
10	(0.1, 5.0)	0.24	2	10	2.072	2.072	1.772	1.758
11	(0.25, 5.0)	0.08	3	25	1.754	1.754	1.754	1.754
12	(0.25, 5.0)	0.12	3.5	5	1.772	1.774	2.448	1.774
13	(0.25, 5.0)	0.16	4	10	1.772	1.772	1.758	1.758
14	(0.25, 5.0)	0.2	2	15	1.756	1.756	1.756	1.756
[0087]								
15	(0.25, 5.0)	0.24	2.5	20	1.754	1.754	1.754	1.756
16	(0.5, 5.0)	0.08	3.5	10	1.772	1.772	2.466	1.758
17	(0.5, 5.0)	0.12	4	15	1.756	1.756	2.556	1.756
18	(0.5, 5.0)	0.16	2	20	2.068	2.068	1.754	1.756
19	(0.5, 5.0)	0.2	2.5	25	2.068	2.068	1.754	1.754
20	(0.5, 5.0)	0.24	3	5	1.772	1.774	2.448	1.774
21	(0.75, 5.0)	0.08	4	20	1.754	1.754	2.576	1.756
22	(0.75, 5.0)	0.12	2	25	1.754	1.754	1.754	1.754
23	(0.75, 5.0)	0.16	2.5	5	1.772	1.774	2.448	1.774
24	(0.75, 5.0)	0.2	3	10	1.772	1.772	1.758	1.758
25	(0.75, 5.0)	0.24	3.5	15	1.756	1.756	1.756	1.756

[0088] 采用不同的特征函数CF的STA/LTA的触发性AIC微震波自动到时拾取法拾取结果各不相同,如图3所示,根据到时拾取结果计算不同特征函数的均值和方差,Sedlak的特征函数到时拾取时间均值最大偏差0.205s,方差为0.328s<sup>2</sup>,而Allen和Bear的特征函数到时拾取时间均值和方差相似,分别为1.815s,方差为0.115s<sup>2</sup>。与这三种特征函数相比,采用相对能量自适应特征函数ACF的到时拾取时间更接近真实值,方差最小为0.007s<sup>2</sup>。

[0089] 如图4所示,从正交试验中分别选取信噪比为5dB和25dB的微震信号,展示4个不同特征函数处理不同信噪比的能力,当信噪比为5dB时,Allen和Bear的特征函数到时拾取时间在较短的短时窗存在较大的误差;当信噪比为25dB时,在较长的短时窗也表现出较大的误差。Sedlak的特征函数为一阶函数,不能反映5dB信噪比信号的幅值和频率变化,因此在较短的短时窗存在较大误差。本发明的相对能量自适应特征函数ACF相比其他三个特征函数更加稳定,更适用于较大范围的信噪比信号,因此本发明利用相对能量自适应特征函数ACF可以更有效地利用STA/LTA的触发性AIC微震波精确到时拾取时间。

[0090] 另外,本发明建立的自适应特征函数ACF如图5所示;利用STA/LTA算法和基本时间间隔对微震P波确定时长 $L_0$ 如图6所示;设定AIC拾取算法的时窗长度和位置,得到AIC曲线如图7所示;利用AIC曲线最小值 $A_1$ 精确确定微震P波初至到时时间如图8所示。

[0091] 以上实施例仅仅是对本发明技术方案所做的举例说明。本发明所涉及的微震波信号初至到时自动拾取方法及微震监测装置并不仅仅限定于在以上实施例中所描述的内容,而是以权利要求所限定的范围为准。本发明所属领域技术人员在该实施例的基础上所做的任何修改或补充或等效替换,都在本发明的权利要求所要求保护的范围内。

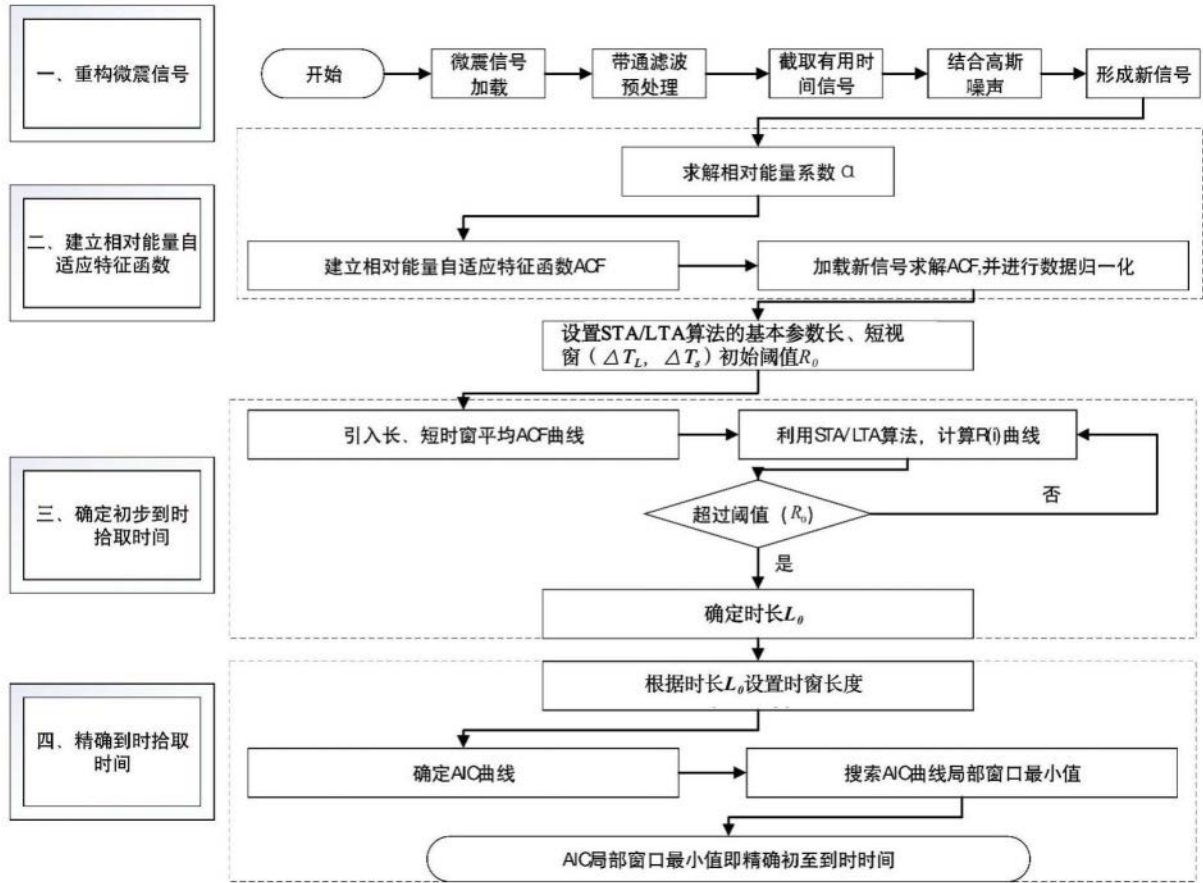


图1

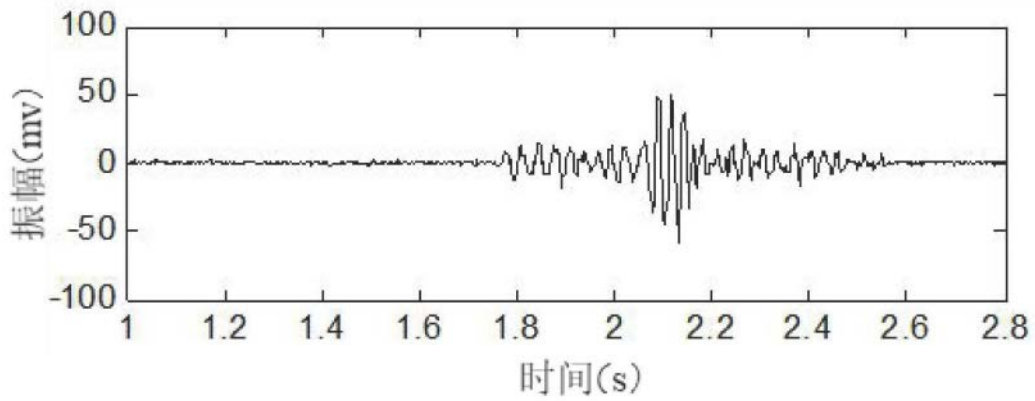


图2

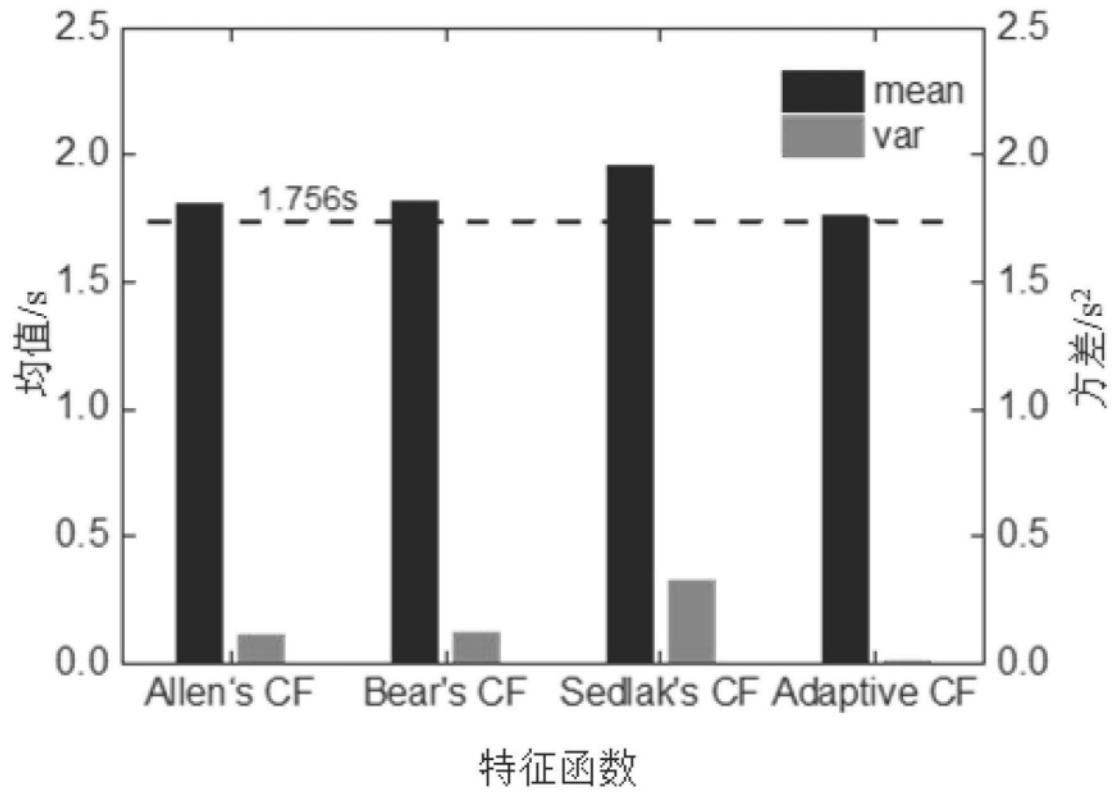
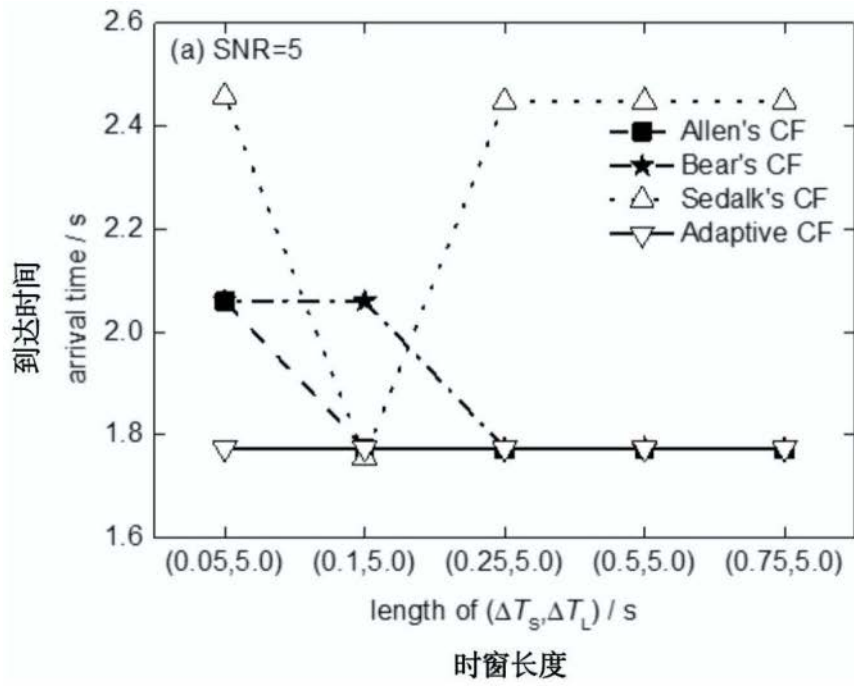
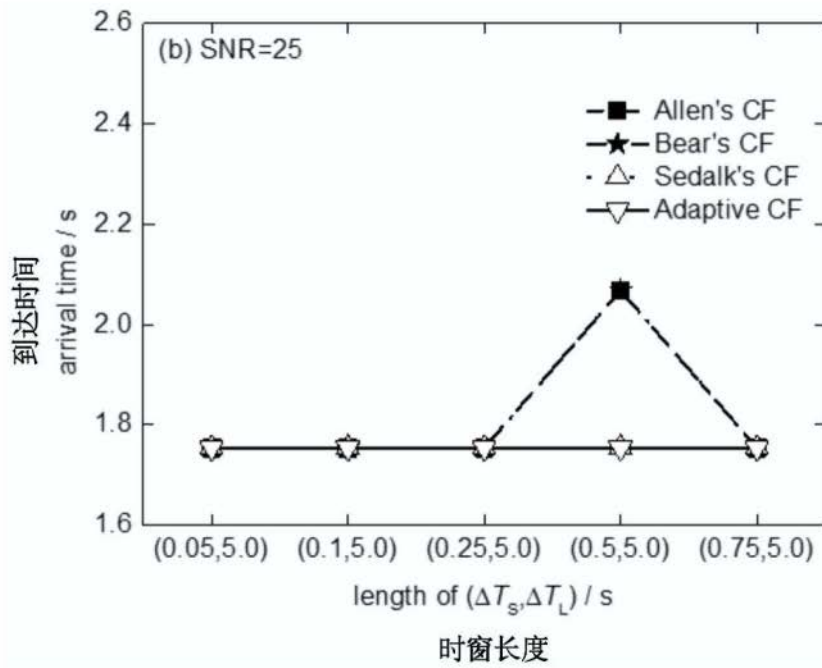


图3



(a)



(b)

图4

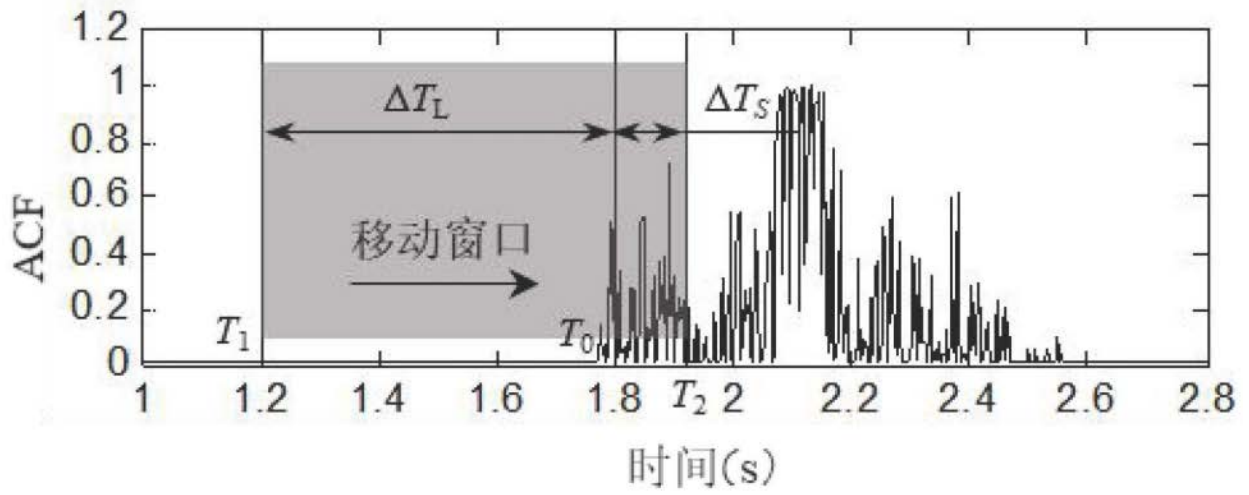


图5

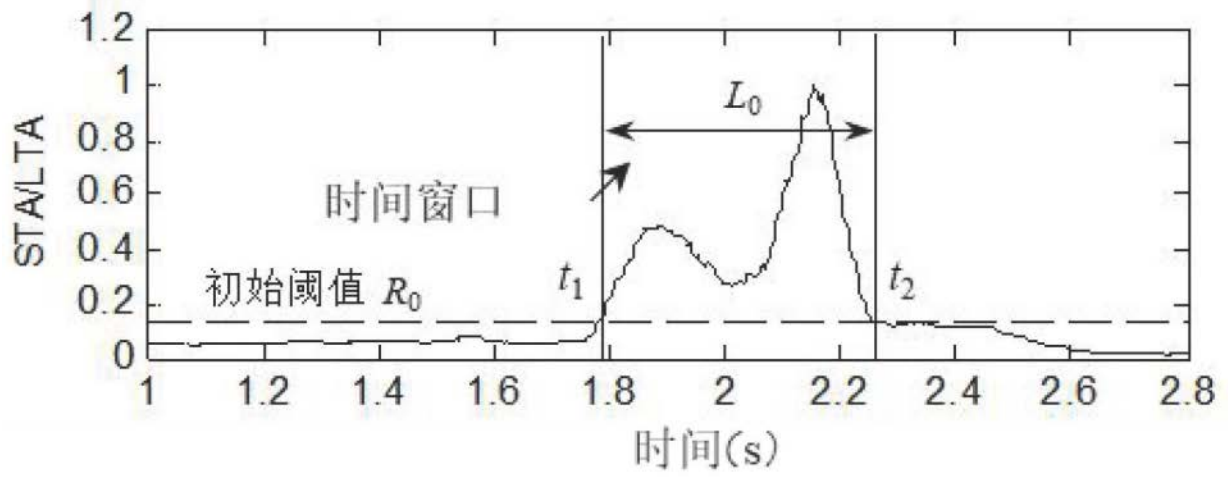


图6



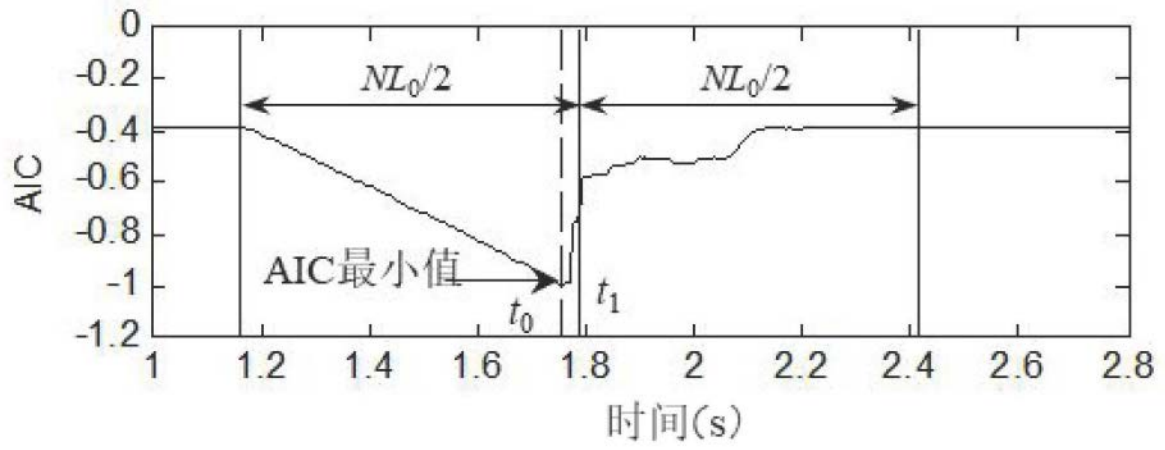


图7

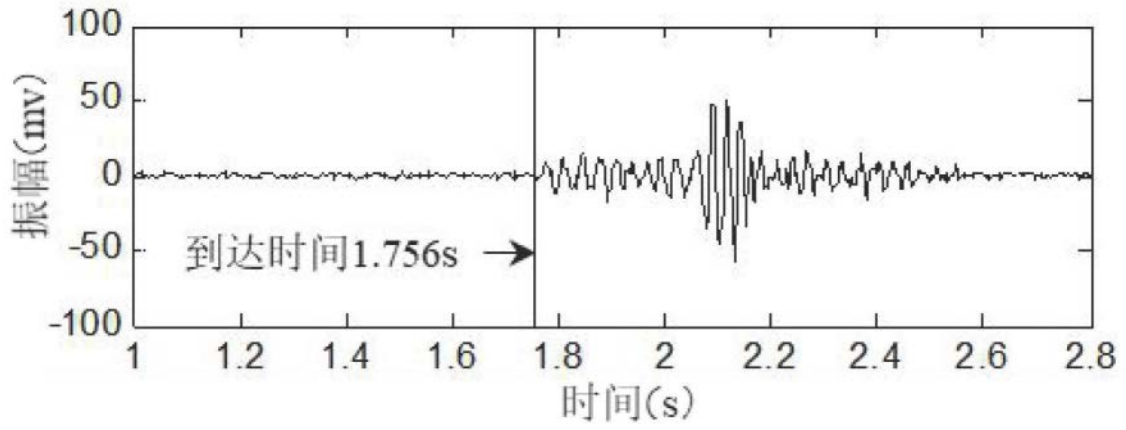


图8