



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107561586 B

(45)授权公告日 2019.10.11

(21)申请号 201710638135.4

(22)申请日 2017.07.31

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107561586 A

(43)申请公布日 2018.01.09

(73)专利权人 中国石油天然气集团公司

地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号

专利权人 中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司

(72)发明人 马光凯 周铮铮 钱忠平 尹天奎

方云峰 常稳

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

公司 11127

代理人 李辉

(51)Int.Cl.

G01V 1/36(2006.01)

(56)对比文件

CN 103163567 A,2013.06.19,

CN 101241192 A,2008.08.13,

US 2002114218 A1,2002.08.22,

王守君 等.“海上地震资料零相位化处理技术研究”.《石油物探》.2012,第51卷(第4期),

审查员 夏培

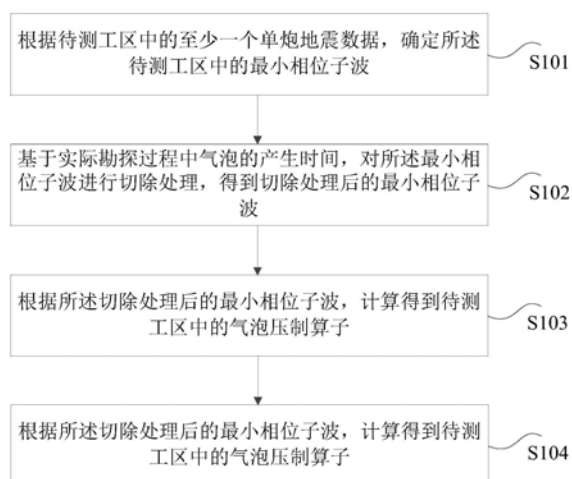
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

一种气泡压制的方法和装置

(57)摘要

本发明提供了一种气泡压制的方法和装置,其中,该方法包括:根据待测工区中的多个单炮地震数据,确定待测工区中的最小相位子波;基于实际勘探过程中气泡产生时间,对最小相位子波进行切除处理,得到切除处理后的最小相位子波;根据切除处理后的最小相位子波,计算得到待测工区中的气泡压制算子;利用气泡压制算子对每道地震数据进行卷积处理,得到气泡压制后的地震数据。在本发明实施例中,通过实际数据来求取子波,充分考虑了实际因素对子波的影响,能有效提高气泡的压制程度,消除气泡效应,提高数据的信噪比,从而提高海上地质勘探的分辨率。



1. 一种气泡压制的方法,其特征在于,包括:

根据待测工区中的多个单炮地震数据,确定所述待测工区中的最小相位子波;

基于实际勘探过程中气泡产生时间,对所述最小相位子波进行切除处理,得到切除处理后的最小相位子波;

根据所述切除处理后的最小相位子波,计算得到待测工区中的气泡压制算子;

利用所述气泡压制算子对所述多个单炮地震数据中各个单炮地震数据的每道地震数据进行卷积处理,得到气泡压制后的地震数据;

其中,确定所述待测工区中的最小相位子波,包括:

对所述多个单炮地震数据中满足预设要求的单炮地震数据进行自相关处理;

将多个单炮地震数据中的各道地震数据的自相关结果进行叠加,得到一道自相关叠加数据;

计算所述一道自相关叠加数据对应的零相位子波;

以所述零相位子波作为输入,脉冲作为期望,计算得到所述零相位子波的反子波;

以所述零相位子波的反子波作为输入,脉冲作为期望,计算得到所述零相位子波对应的最小相位子波。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述实际勘探过程中气泡产生时间的范围为:大于等于40ms,并且小于等于120ms。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,按照以下公式对所述最小相位子波进行切除处理,得到切除处理后的最小相位子波:

$$c(n) = a(n)h(n)$$

$$\text{上式中, } h(n) = \begin{cases} 1, & n \leq n_0 \\ \cos[(n - n_0) * \pi / 6], & n_0 < n \leq n_0 + 3 \\ 0, & n > n_0 + 3 \end{cases};$$

上式中, $c(n)$ 表示所述切除处理后的最小相位子波, $a(n)$ 表示所述最小相位子波, $h(n)$ 表示切除函数, n 表示采样点数, n_0 表示气泡产生时间对应的采样点个数。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,所述切除函数还包括:汉明窗函数、钟形窗函数中的一种。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,按照以下公式根据所述切除处理后的最小相位子波,计算得到待测工区中的气泡压制算子:

$$\begin{bmatrix} g_{aa}(0) & g_{aa}(1) & g_{aa}(2) & \cdots & g_{aa}(N-1) \\ g_{aa}(1) & g_{aa}(0) & g_{aa}(1) & \cdots & g_{aa}(N-2) \\ g_{aa}(2) & g_{aa}(1) & g_{aa}(0) & \cdots & g_{aa}(N-3) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ g_{aa}(N-1) & g_{aa}(N-2) & g_{aa}(N-3) & \cdots & g_{aa}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f(0) \\ f(1) \\ f(2) \\ \vdots \\ f(N-1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{ca}(0) \\ g_{ca}(1) \\ g_{ca}(2) \\ \vdots \\ g_{ca}(N-1) \end{bmatrix}$$

$$\text{上式中, } g_{aa}(\tau) = \sum_{n=1}^N a(n)a(n-\tau) \quad ; \quad g_{ca}(\tau) = \sum_{n=1}^N c(n)a(n-\tau) \quad ;$$

上式中, $f(t)$ 表示所述待测工区中的气泡压制算子, N 表示所述切除处理后的最小相位

子波的采样点个数, $c(n)$ 表示所述切除处理后的最小相位子波, $a(n)$ 表示所述最小相位子波, τ 表示自相关或者互相关运算的序号, N 表示最小相位子波的采样点个数, $n=1, 2, \dots, N$ 。

6. 如权利要求1所述的方法, 其特征在于, 在得到气泡压制后的地震数据之后, 所述方法还包括:

基于所述气泡压制后的地震数据, 进行地质勘探。

7. 一种气泡压制的装置, 其特征在于, 包括:

第一子波获取模块, 用于根据待测工区中的多个单炮地震数据, 确定所述待测工区中的最小相位子波;

第二子波获取模块, 用于基于实际勘探过程中气泡产生时间, 对所述最小相位子波进行切除处理, 得到切除处理后的最小相位子波;

压制算子计算模块, 用于根据所述切除处理后的最小相位子波, 计算得到待测工区中的气泡压制算子;

地震数据确定模块, 用于利用所述气泡压制算子对所述多个单炮地震数据中各个单炮地震数据的每道地震数据进行卷积处理, 得到气泡压制后的地震数据;

其中, 所述第一子波获取模块包括:

自相关处理单元, 用于对所述多个单炮地震数据中满足预设要求的单炮地震数据进行自相关处理;

叠加数据确定模块, 用于将多个单炮地震数据中的各道地震数据的自相关结果进行叠加, 得到一道自相关叠加数据;

零相位子波计算模块, 用于计算所述一道自相关叠加数据对应的零相位子波;

最小相位子波计算模块, 用于基于所述一道自相关叠加数据对应的零相位子波, 计算得到最小相位子波,

以及, 所述最小相位子波计算模块包括: 反子波计算单元, 用于以所述零相位子波作为输入, 脉冲作为期望, 计算得到所述零相位子波的反子波; 最小子波计算单元, 用于以所述零相位子波的反子波作为输入, 脉冲作为期望, 计算得到所述零相位子波对应的最小相位子波。

一种气泡压制的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及地质勘探技术领域,特别涉及一种气泡压制的方法和装置。

背景技术

[0002] 海上地震勘探时,一般可以采用气枪作为震源。当气枪震源激发时,高压空气释放到水中,迅速形成球形气泡,球形气泡在水中不断膨胀压缩,形成多个气泡脉冲,该过程称为气泡效应。在气泡效应的过程中,气泡膨胀会产生地震波,由于多次气泡胀缩,气枪子波会产生多次振荡,大大影响了所采集的地震数据的精度,降低了地震数据的分辨率。因此,有必要对海上地震数据进行气泡压制处理,从而达到去除海上地震数据中由于气泡效应所产生的数据噪声的目的。

[0003] 目前,一般可以基于气枪震源所产生的远场子波,来确定海上地震勘探时所采集到的数据进行气泡压制后的效果。然而,由于远场子波是采用理论方法得到的模拟子波,模拟远场子波时要作很多假设,例如:海面是水平的,海水是静止的等等。这些假设条件与实际勘探情况相差甚远,使得模拟的远场子波与实际勘探中产生的子波存在明显区别,这就导致采用远场子波的气泡压制效果很不理想,有时很难满足实际生产的需要。

发明内容

[0004] 本发明提供了一种气泡压制的方法和装置,以达到获取与实际情况吻合度较高的海上气泡压制效果的目的。

[0005] 本发明实施例提供了一种气泡压制的方法,可以包括:根据待测工区中的多个单炮地震数据,确定所述待测工区中的最小相位子波;基于实际勘探过程中气泡产生时间,对所述最小相位子波进行切除处理,得到切除处理后的最小相位子波;根据所述切除处理后的最小相位子波,计算得到待测工区中的气泡压制算子;利用所述气泡压制算子对所述多个单炮地震数据中各个单炮地震数据的每道地震数据进行卷积处理,得到气泡压制后的地震数据。

[0006] 在一个实施例中,确定所述待测工区中的最小相位子波,可以包括:对所述多个单炮地震数据中满足预设要求的单炮地震数据进行自相关处理;将多个单炮地震数据中的各道地震数据的自相关结果进行叠加,得到一道自相关叠加数据;计算所述一道自相关叠加数据对应的零相位子波;基于所述一道自相关叠加数据对应的零相位子波,计算得到最小相位子波。

[0007] 在一个实施例中,基于所述一道自相关叠加数据的零相位子波,计算得到最小相位子波,可以包括:以所述零相位子波作为输入,脉冲作为期望,计算得到所述零相位子波的反子波;以所述零相位子波的反子波作为输入,脉冲作为期望,计算得到所述零相位子波对应的最小相位子波。

[0008] 在一个实施例中,所述实际勘探过程中气泡产生时间的范围可以为:大于等于40ms,并且小于等于120ms。

[0009] 在一个实施例中,可以按照以下公式对所述最小相位子波进行切除处理,得到切除处理后的最小相位子波:

$$[0010] \quad c(n) = a(n) h(n)$$

$$[0011] \quad \text{上式中, } h(n) = \begin{cases} 1, & n \leq n_0 \\ \cos[(n-n_0)*\pi/6], & n_0 < n \leq n_0+3; \\ 0, & n > n_0+3 \end{cases}$$

[0012] 上式中, $c(n)$ 表示所述切除处理后的最小相位子波, $a(n)$ 表示所述最小相位子波, $h(n)$ 表示切除函数, n 表示采样点数, n_0 表示气泡产生时间对应的采样点个数。

[0013] 在一个实施例中,所述切除函数还可以包括:汉明窗函数、钟形窗函数中的一种。

[0014] 在一个实施例中,可以按照以下公式根据所述切除处理后的最小相位子波,计算得到待测工区中的气泡压制算子:

$$[0015] \quad \begin{bmatrix} g_{aa}(0) & g_{aa}(1) & g_{aa}(2) & \cdots & g_{aa}(N-1) \\ g_{aa}(1) & g_{aa}(0) & g_{aa}(1) & \cdots & g_{aa}(N-2) \\ g_{aa}(2) & g_{aa}(1) & g_{aa}(0) & \cdots & g_{aa}(N-3) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ g_{aa}(N-1) & g_{aa}(N-2) & g_{aa}(N-3) & \cdots & g_{aa}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f(0) \\ f(1) \\ f(2) \\ \vdots \\ f(N-1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{ca}(0) \\ g_{ca}(1) \\ g_{ca}(2) \\ \vdots \\ g_{ca}(N-1) \end{bmatrix}$$

$$[0016] \quad \text{上式中, } g_{aa}(\tau) = \sum_{n=1}^N a(n)a(n-\tau); \quad g_{ca}(\tau) = \sum_{n=1}^N c(n)a(n-\tau);$$

[0017] 上式中, $f(t)$ 表示所述待测工区中的气泡压制算子, N 表示所述切除处理后的最小相位子波的采样点个数, $c(n)$ 表示所述切除处理后的最小相位子波, $a(n)$ 表示所述最小相位子波, τ 表示自相关或者互相关运算的序号, N 表示最小相位子波的采样点个数, $n=1, 2, \dots, N$ 。

[0018] 在一个实施例中,在得到气泡压制后的地震数据之后,所述方法还可以包括:基于所述气泡压制后的地震数据,进行地质勘探。

[0019] 本发明实施例还提供了一种气泡压制的装置,可以包括:第一子波获取模块,用于根据待测工区中的多个单炮地震数据,确定所述待测工区中的最小相位子波;第二子波获取模块,用于基于实际勘探过程中气泡产生时间,对所述最小相位子波进行切除处理,得到切除处理后的最小相位子波;压制算子计算模块,用于根据所述切除处理后的最小相位子波,计算得到待测工区中的气泡压制算子;地震数据确定模块,用于利用所述气泡压制算子对所述多个单炮地震数据中各个单炮地震数据的每道地震数据进行卷积处理,得到气泡压制后的地震数据。

[0020] 在一个实施例中,所述第一子波获取模块可以包括:自相关处理单元,用于对所述多个单炮地震数据中满足预设要求的单炮地震数据进行自相关处理;叠加数据确定模块,用于将多个单炮地震数据中的各道地震数据的自相关结果进行叠加,得到一道自相关叠加数据;零相位子波计算模块,用于计算所述一道自相关叠加数据对应的零相位子波;最小相位子波计算模块,用于基于所述一道自相关叠加数据对应的零相位子波,计算得到最小相位子波。

[0021] 在本发明实施例中,根据多个单炮地震数据确定所述待测工区中的最小相位子

波,再利用反映实际因素对生成子波和气泡影响的最小相位子波来计算气泡压制效果,解决了现有技术中利用采用理论方法模拟得到的远场子波进行运算时,由于模拟的远场子波与实际勘探中产生的子波存在明显区别,所导致的采用远场子波的气泡压制时效果较差的缺陷;进一步地,在得到最小相位子波之后,基于实际勘探过程中气泡的产生时间,对所述最小相位子波进行切除处理,并根据所述切除处理后的最小相位子波,计算得到待测工区中的气泡压制算子;最后,利用气泡压制算子对待测工区中的每道地震数据进行卷积处理,得到气泡压制后的地震数据。本发明通过实际数据来求取子波,充分考虑了实际因素对子波的影响,能有效提高气泡的压制程度,消除气泡效应,提高数据的信噪比,从而提高海上地质勘探的分辨率。

附图说明

[0022] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请中记载的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0023] 图1是本申请提供的一种气泡压制的方法流程图;

[0024] 图2是本申请提供的压制气泡前的单炮记录示意图;

[0025] 图3是本申请提供的压制气泡后的单炮记录示意图;

[0026] 图4是本申请提供的压制气泡前单炮数据频谱示意图;

[0027] 图5是本申请提供的压制气泡后单炮数据频谱示意图;

[0028] 图6是本申请提供的一种气泡压制的装置结构框图。

具体实施方式

[0029] 为了使本技术领域的人员更好地理解本申请中的技术方案,下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本申请保护的范围。

[0030] 考虑到现有技术中进行气泡压制时,基于理论方法得到的远场子波进行气泡压制算子的运算时与实际的勘探情况吻合度较差的缺陷,本申请提出了利用实际数据来求取地震子波。基于此,提出了一种气泡压制的方法,如图1所示,可以包括以下步骤:

[0031] S101:根据待测工区中的多个单炮地震数据,确定所述待测工区中的最小相位子波。

[0032] 所述单炮地震数据可以指的是在一个激发点放炮,利用一系列的检波器接收地层由于激发而产生的反射波,这样一系列的检波器所接收到的来自于同一炮的所有地震信号就可以对应于一个单炮地震数据。

[0033] 在本申请的一个实施例中,可以按照以下步骤确定所述待测工区中的最小相位子波:

[0034] S1-1:对所述多个单炮地震数据中满足预设要求的单炮地震数据进行自相关处

理。

[0035] S1-2:将多个单炮地震数据中的各道地震数据的自相关结果进行叠加,得到一道自相关叠加数据。

[0036] 对单炮地震数据中满足预设要求的地震数据做自相关,然后把单炮地震数据中各道的自相关数据叠加起来得到一道数据,再将所有的单炮地震数据都重复步骤S1-2叠加得到与各个单炮地震数据相对应的自相关叠加数据。其中,所述满足预设要求的地震数据包括:炮检距小于炮点处海底深度的近炮检距数据。

[0037] 对一炮地震数据的近炮检距数据做自相关,把各道的自相关数据叠加起来得到一道叠加数据之后,把所有的炮都重复叠加得到各自的自相关叠加数据,再把所有炮的自相关叠加数据再叠加起来,得到一道叠加数据。

[0038] S1-3:计算所述一道自相关叠加数据对应的零相位子波。

[0039] 对所述一道自相关叠加数据进行傅里叶变换,得到频率域的数据,对其每一频率求绝对值得到振幅谱;并将所述振幅谱作为子波的振幅谱,相位谱为零,进行傅里叶变换反变换,得到所述一道自相关叠加数据对应的零相位子波。

[0040] S1-5:基于所述一道自相关叠加数据的零相位子波,计算得到所述一道自相关叠加数据的最小相位子波。

[0041] 在本申请一个实施例中,基于所述一道自相关叠加数据的零相位子波,计算得到所述一道自相关叠加数据的最小相位子波,可以包括:

[0042] S1-5-1:对所述零相位子波进行脉冲反褶积处理,得到零相位子波的反子波。

[0043] 将所述零相位子波作为输入,脉冲作为期望,按照以下进行脉冲反褶积处理,可以得到零相位子波的反子波 $b(t)$:

$$[0044] \begin{bmatrix} g_{xx}(0) & g_{xx}(1) & g_{xx}(2) & \cdots & g_{xx}(N-1) \\ g_{xx}(1) & g_{xx}(0) & g_{xx}(1) & \cdots & g_{xx}(N-2) \\ g_{xx}(2) & g_{xx}(1) & g_{xx}(0) & \cdots & g_{xx}(N-3) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ g_{xx}(N-1) & g_{xx}(N-2) & g_{xx}(N-3) & \cdots & g_{xx}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b(0) \\ b(1) \\ b(2) \\ \vdots \\ b(N-1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

[0045] 上式中, N 表示最小相位子波的采样点个数,上式中左边系数表示所述零相位子波 $x(t)$ 的自相关,其计算公式可以是:

$$[0046] g_{xx}(\tau) = \sum_{n=1}^N x(n)x(n-\tau)$$

[0047] 上式中, τ 表示自相关运算的序号, $n=1,2,\cdots,N$, N 表示最小相位子波的采样点个数。

[0048] S1-6:对所述反子波进行脉冲反褶积处理,得到所述待测工区中零相位子波的最小相位子波。

[0049] 将反子波 $b_0(t)$ 作为输入,脉冲作为期望,按照下式进行脉冲反褶积处理,可以得到零相位子波的最小相位子波 $a(t)$:

$$[0050] \quad \begin{bmatrix} g_{bb}(0) & g_{bb}(1) & g_{bb}(2) & \cdots & g_{bb}(N-1) \\ g_{bb}(1) & g_{bb}(0) & g_{bb}(1) & \cdots & g_{bb}(N-2) \\ g_{bb}(2) & g_{bb}(1) & g_{bb}(0) & \cdots & g_{bb}(N-3) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ g_{bb}(N-1) & g_{bb}(N-2) & g_{bb}(N-3) & \cdots & g_{bb}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a(0) \\ a(1) \\ a(2) \\ \vdots \\ a(N-1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

[0051] 上式中,N表示所述切除处理后的最小相位子波的采样点个数,上式中左边系数表示所述反子波b(t)的自相关,其计算公式可以是:

$$[0052] \quad g_{bb}(\tau) = \sum_{n=1}^N b(n)b(n-\tau)$$

[0053] 上式中, τ 表示自相关运算的序号, $n=1,2,\cdots,N$,N表示最小相位子波的采样点个数。

[0054] 在本申请中,通过利用实际存在的地震数据,通过利用地震数据的自相关来提取地震子波即最小相位子波,考虑了实际采集因素对子波的影响。可以解决现有技术中只可以利用模拟远场子波时与实际勘探情况相差甚远,使得模拟的远场子波与实际勘探中产生的子波存在明显区别,最终导致采用远场子波的气泡压制效果很不理想,很难满足实际生产的需要的缺陷。

[0055] S102:基于实际勘探过程中气泡产生时间,对所述最小相位子波进行切除处理,得到切除处理后的最小相位子波。

[0056] 对最小相位子波a(t)按照下式进行切除处理得到一个不含气泡的子波,可以表示为:

$$[0057] \quad c(n) = a(n)h(n)$$

$$[0058] \quad \text{上式中, } h(n) = \begin{cases} 1, & n \leq n_0 \\ \cos[(n-n_0)*\pi/6], & n_0 < n \leq n_0+3; \\ 0, & n > n_0+3 \end{cases}$$

[0059] 上式中,c(n)表示所述切除处理后的最小相位子波,a(n)表示所述最小相位子波,h(n)表示切除函数,n表示采样点数, n_0 表示气泡产生时间对应的采样点个数。

[0060] 其中,所述实际勘探过程中气泡产生时间一般为:大于等于40ms,并且小于等于120ms。

[0061] 所述切除函数除了上述余弦函数,还可以包括:汉明窗函数、钟形窗函数等其他函数,本申请对此不作限定。

[0062] S103:根据所述切除处理后的最小相位子波,计算得到待测工区中的气泡压制算子。

[0063] 在本实施例中,可以把最小相位子波a(t)作为输入,c(t)作为期望,计算得到待测工区中的气泡压制算子f(t)。具体的,可以按照以下公式根据所述切除处理后的最小相位子波,计算得到待测工区中的气泡压制算子:

$$[0064] \quad \begin{bmatrix} g_{aa}(0) & g_{aa}(1) & g_{aa}(2) & \cdots & g_{aa}(N-1) \\ g_{aa}(1) & g_{aa}(0) & g_{aa}(1) & \cdots & g_{aa}(N-2) \\ g_{aa}(2) & g_{aa}(1) & g_{aa}(0) & \cdots & g_{aa}(N-3) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ g_{aa}(N-1) & g_{aa}(N-2) & g_{aa}(N-3) & \cdots & g_{aa}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f(0) \\ f(1) \\ f(2) \\ \vdots \\ f(N-1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{ca}(0) \\ g_{ca}(1) \\ g_{ca}(2) \\ \vdots \\ g_{ca}(N-1) \end{bmatrix}$$

$$[0065] \quad \text{上式中, } g_{aa}(\tau) = \sum_{n=1}^N a(n)a(n-\tau); \quad g_{ca}(\tau) = \sum_{n=1}^N c(n)a(n-\tau);$$

[0066] 上式中, $f(t)$ 表示所述待测工区中的气泡压制算子, N 表示所述切除处理后的最小相位子波的采样点个数, $c(n)$ 表示所述切除处理后的最小相位子波, $a(n)$ 表示所述最小相位子波, τ 表示上述自相关或者互相关运算的序号, $n=1, 2, \dots, N$, N 表示最小相位子波的采样点个数。

[0067] S104: 利用所述气泡压制算子对所述多个单炮地震数据中各个单炮地震数据的每道地震数据进行卷积处理, 得到气泡压制后的地震数据。

[0068] 把所述压制气泡算子 $f(t)$ 对一个单炮记录的每一道地震数据进行褶积处理, 可以得到压制气泡后的地震数据。进一步地, 对所有的单炮地震数据都重复步骤 S104, 就可以得到压制气泡后的所有地震数据, 可以利用气泡压制后的地震数据进行地质勘探。

[0069] 如图2所示为压制气泡前的单炮记录示意图, 图3所示为压制气泡后的单炮记录示意图, 可以看出, 由于气泡的存在, 图2存在明显的低频背景噪音, 而图3经过本发明压制气泡后, 气泡引起的低频噪音被很好压制。如图4所示为压制气泡前单炮数据频谱示意图, 如图5所示为压制气泡后单炮数据频谱示意图, 其中横轴表示频率、纵轴表示幅度。可以看出图4中由于存在气泡, 数据频谱在低频存在明显的频率异常, 而经过本发明压制气泡后的图5中可以看出由气泡引起的频率异常被去除, 频谱更加光滑、合理。

[0070] 基于同一发明构思, 本发明实施例中还提供了一种气泡压制的装置, 如下面的实施例所述。由于气泡压制的装置解决问题的原理与气泡压制的方法相似, 因此气泡压制的装置的实施可以参见气泡压制的方法的实施, 重复之处不再赘述。以下所使用的, 术语“单元”或者“模块”可以实现预定功能的软件和/或硬件的组合。尽管以下实施例所描述的装置较佳地以软件来实现, 但是硬件, 或者软件和硬件的组合的实现也是可能并被构想的。图6是本发明实施例的气泡压制的装置的一种结构框图, 如图6所示, 可以包括: 第一子波获取模块601、第二子波获取模块602、压制算子计算模块603、地震数据确定模块604, 下面对该结构进行说明。

[0071] 第一子波获取模块601, 可以用于根据待测工区中的多个单炮地震数据, 确定所示待测工区中的最小相位子波;

[0072] 第二子波获取模块602, 可以用于基于实际勘探过程中气泡产生时间, 对所述最小相位子波进行切除处理, 得到切除处理后的最小相位子波;

[0073] 压制算子计算模块603, 可以用于根据所述切除处理后的最小相位子波, 计算得到待测工区中的气泡压制算子;

[0074] 地震数据确定模块604, 可以用于利用所述气泡压制算子对所述至少一个单炮地震数据进行卷积处理, 得到气泡压制后的地震数据。

[0075] 在一个实施例中,所述第一子波获取模块可以包括:自相关处理单元,用于对所述多个单炮地震数据中满足预设要求的单炮地震数据进行自相关处理;叠加数据确定模块,用于将多个单炮地震数据中的各道地震数据的自相关结果进行叠加,得到一道自相关叠加数据;零相位子波计算模块,用于计算所述一道自相关叠加数据对应的零相位子波;最小相位子波计算模块,用于基于所述一道自相关叠加数据对应的零相位子波,计算得到最小相位子波。

[0076] 在一个实施例中,所述最小相位子波计算模块可以包括:反子波计算单元,用于以所述零相位子波作为输入,脉冲作为期望,计算得到所述零相位子波的反子波;最小子波计算单元,用于以所述零相位子波的反子波作为输入,脉冲作为期望,计算得到所述零相位子波对应的最小相位子波。

[0077] 在一个实施例中,所述实际勘探过程中气泡产生时间的范围可以为:大于等于40ms,并且小于等于120ms。

[0078] 在一个实施例中,所述第二子波获取模块具体可以用于按照以下公式对所述最小相位子波进行切除处理,得到切除处理后的最小相位子波:

[0079] $c(n) = a(n)h(n)$

[0080] 上式中, $h(n) = \begin{cases} 1, & n \leq n_0 \\ \cos[(n-n_0)*\pi/6], & n_0 < n \leq n_0+3; \\ 0, & n > n_0+3 \end{cases}$

[0081] 上式中, $c(n)$ 表示所述切除处理后的最小相位子波, $a(n)$ 表示所述最小相位子波, $h(n)$ 表示切除函数, n 表示采样点数, n_0 表示气泡的产生时间对应的采样点个数。

[0082] 在一个实施例中,述切除函数还可以包括:汉明窗函数、钟形窗函数中的一种。

[0083] 在一个实施例中,所述压制算子计算模块具体可以用于按照以下公式根据所述切除处理后的最小相位子波,计算得到待测工区中的气泡压制算子:

$$[0084] \begin{bmatrix} g_{aa}(0) & g_{aa}(1) & g_{aa}(2) & \cdots & g_{aa}(N-1) \\ g_{aa}(1) & g_{aa}(0) & g_{aa}(1) & \cdots & g_{aa}(N-2) \\ g_{aa}(2) & g_{aa}(1) & g_{aa}(0) & \cdots & g_{aa}(N-3) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ g_{aa}(N-1) & g_{aa}(N-2) & g_{aa}(N-3) & \cdots & g_{aa}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f(0) \\ f(1) \\ f(2) \\ \vdots \\ f(N-1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{ca}(0) \\ g_{ca}(1) \\ g_{ca}(2) \\ \vdots \\ g_{ca}(N-1) \end{bmatrix}$$

[0085] 上式中, $g_{aa}(\tau) = \sum_{n=1}^N a(n)a(n-\tau)$; $g_{ca}(\tau) = \sum_{n=1}^N c(n)a(n-\tau)$;

[0086] 上式中, $f(t)$ 表示所述待测工区中的气泡压制算子, N 表示所述切除处理后的最小相位子波的采样点个数, $c(n)$ 表示所述切除处理后的最小相位子波, $a(n)$ 表示所述最小相位子波, τ 表示自相关或者互相关运算的序号, N 表示最小相位子波的采样点个数, $n=1, 2, \cdots, N$ 。

[0087] 利用上述各实施例所提供的气泡压制的装置的实施方式,可以自动实施所述气泡压制的方法,对地震数据进行气泡压制,可以不需要实施人员的具体参与,可以直接输出气泡压制后的地震数据结果,操作简单快捷,有效提高了用户体验。

[0088] 所述气泡压制的装置中,所述最小相位子波的切除处理方式、切除函数的选取、气

泡压制算子的计算方式等实施方式的扩展可以参照前述方法的相关描述。

[0089] 尽管本申请内容中提到最小相位子波的切除处理方式、切除函数的选取、气泡压制算子的计算方式等描述,但是,本申请并不局限于必须是符合业本申请实施例所描述的情况。某些行业标准或者使用自定义方式或实施例描述的实施例基础上略加修改后的实施方案也可以实现上述实施例相同、等同或相近、或变形后可预料的实施效果。应用这些修改或变形后的数据处理/选取/计算等获取的实施例,仍然可以属于本申请的可选实施方案范围之内。

[0090] 虽然本申请提供了如实施例或流程图所述的方法操作步骤,但基于常规或者无创造性的手段可以包括更多或者更少的操作步骤。实施例中列举的步骤顺序仅仅为众多步骤执行顺序中的一种方式,不代表唯一的执行顺序。在实际中的装置或终端产品执行时,可以按照实施例或者附图所示的方法顺序执行或者并行执行(例如并行处理器或者多线程处理的环境,甚至为分布式数据处理环境)。术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、产品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、产品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,并不排除在包括所述要素的过程、方法、产品或者设备中还存在另外的相同或等同要素。

[0091] 上述实施例阐明的单元、装置或模块等,具体可以由计算机芯片或实体实现,或者由具有某种功能的产品来实现。为了描述的方便,描述以上装置时以功能分为各种模块分别描述。当然,在实施本申请时可以把各模块的功能在同一个或多个软件和/或硬件中实现,也可以将实现同一功能的模块由多个子模块或子单元的组合实现等。以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如,所述单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通信连接,可以是电性,机械或其它的形式。

[0092] 本领域技术人员也知道,除了以纯计算机可读程序代码方式实现控制器以外,完全可以通过将方法步骤进行逻辑编程来使得控制器以逻辑门、开关、专用集成电路、可编程逻辑控制器和嵌入微控制器等的形式来实现相同功能。因此这种控制器可以被认为是一种硬件部件,而对其内部包括的用于实现各种功能的装置也可以视为硬件部件内的结构。或者甚至,可以将用于实现各种功能的装置视为既可以是实现方法的软件模块又可以是硬件部件内的结构。

[0093] 本申请可以在由计算机执行的计算机可执行指令的一般上下文中描述,例如程序模块。一般地,程序模块包括执行特定任务或实现特定抽象数据类型的例程、程序、对象、组件、数据结构、类等等。也可以在分布式计算环境中实践本申请,在这些分布式计算环境中,由通过通信网络而被连接的远程处理设备来执行任务。在分布式计算环境中,程序模块可以位于包括存储设备在内的本地和远程计算机存储介质中。

[0094] 通过以上的实施方式的描述可知,本领域的技术人员可以清楚地了解到本申请可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现。基于这样的理解,本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品

可以存储在存储介质中,如ROM/RAM、磁碟、光盘等,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,移动终端,服务器,或者网络设备等)执行本申请各个实施例或者实施例的某些部分所述的方法。

[0095] 本说明书中的各个实施例采用递进的方式描述,各个实施例之间相同或相似的部分互相参见即可,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。本申请可用于众多通用或专用的计算机系统环境或配置中。例如:个人计算机、服务器计算机、手持设备或便携式设备、平板型设备、多处理器系统、基于微处理器的系统、置顶盒、可编程的电子设备、网络PC、小型计算机、大型计算机、包括以上任何系统或设备的分布式计算环境等等。

[0096] 虽然通过实施例描绘了本申请,本领域普通技术人员知道,本申请有许多变形和变化而不脱离本申请的精神,希望所附的权利要求包括这些变形和变化而不脱离本申请的精神。

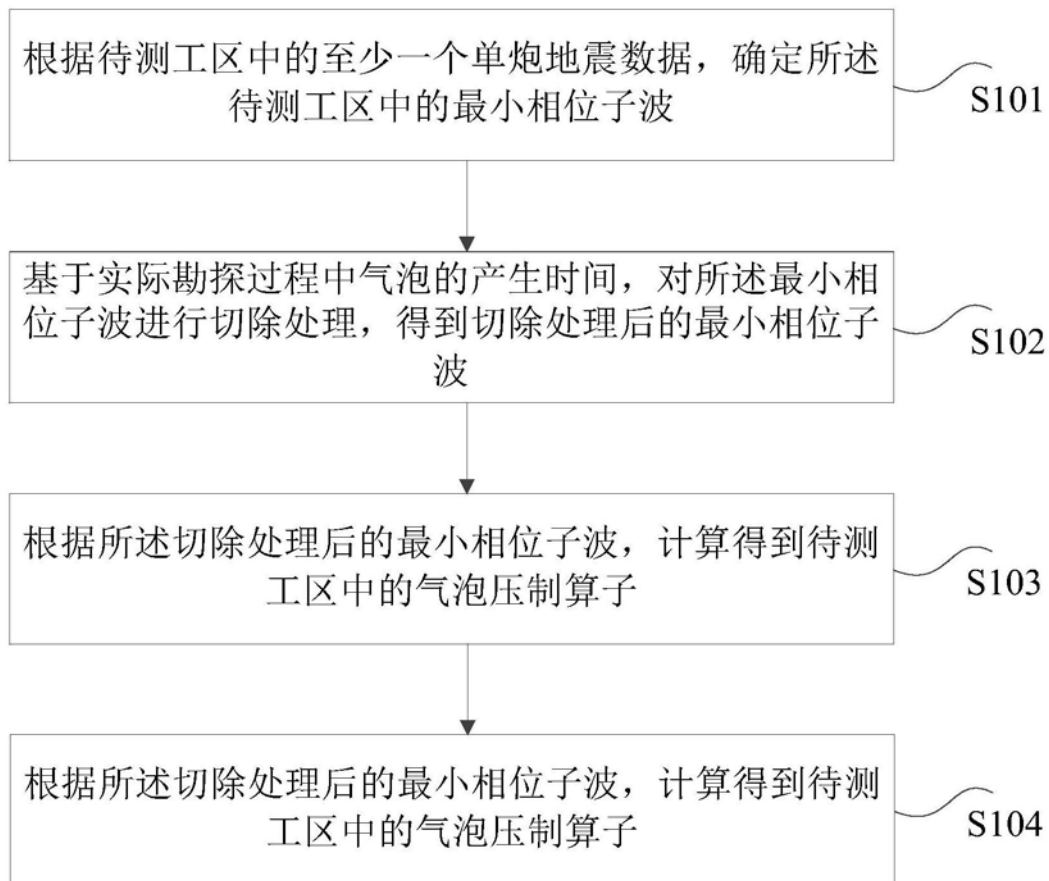


图1

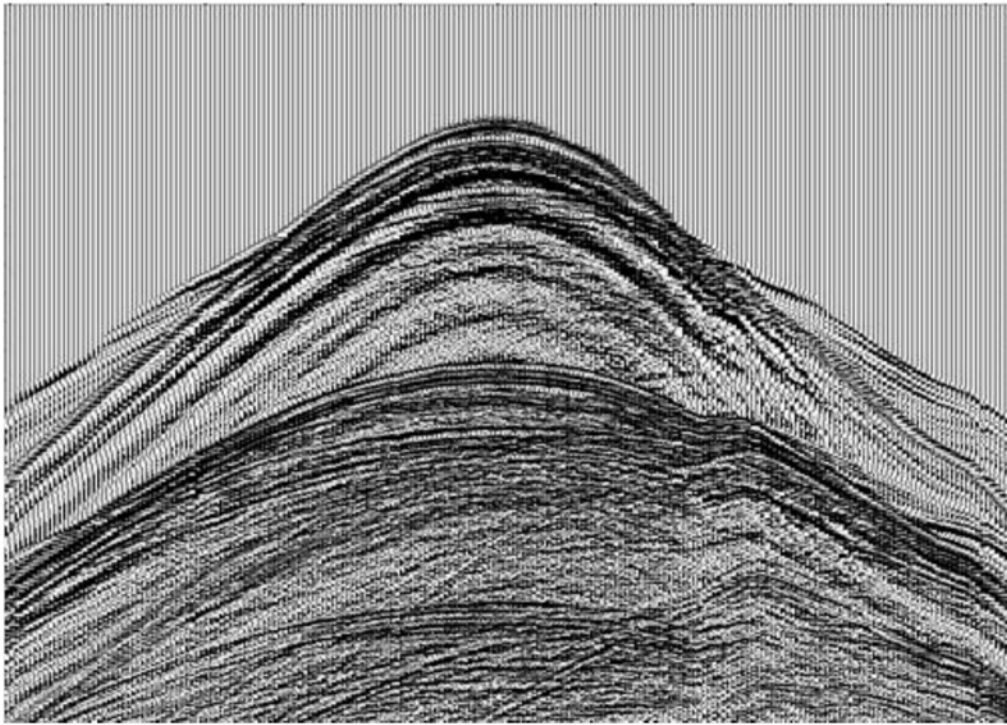


图2

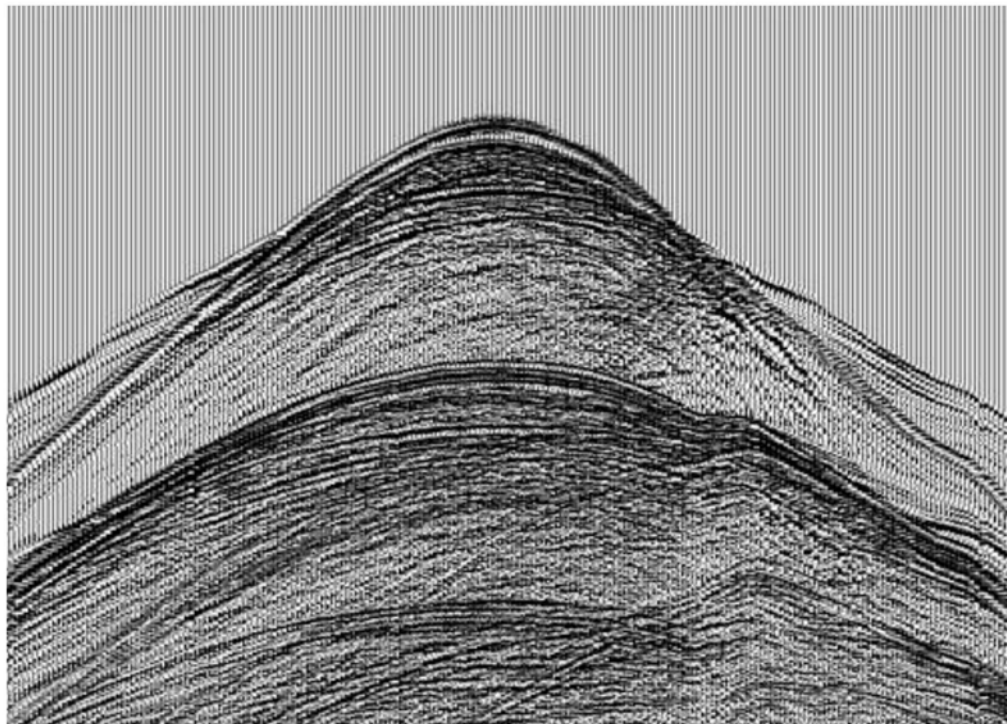


图3

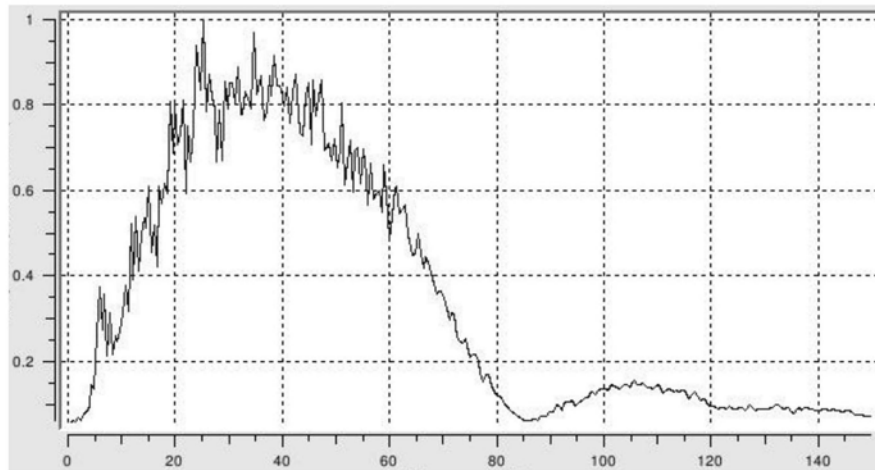


图4

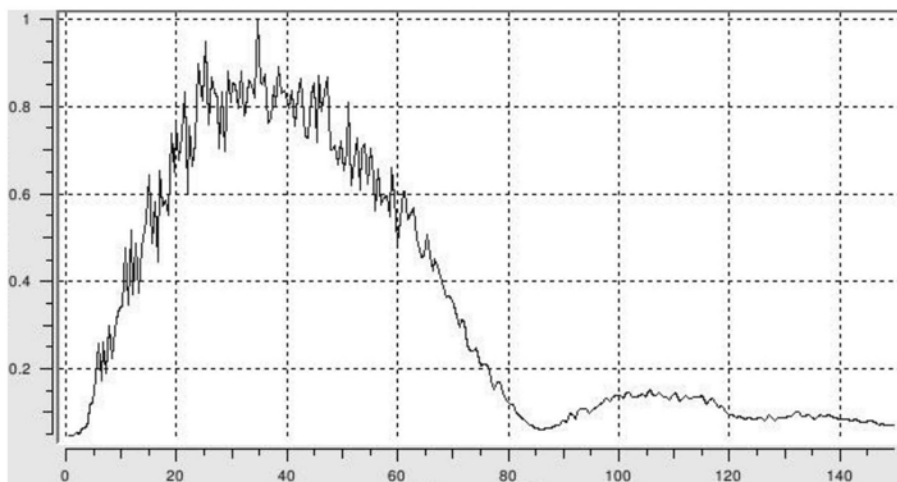


图5



图6