



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103823242 B

(45)授权公告日 2016.12.21

(21)申请号 201210464540.6

(22)申请日 2012.11.16

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103823242 A

(43)申请公布日 2014.05.28

(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号中国石油大厦

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 王新全 唐东磊 汪长辉 孙梦

(74)专利代理机构 北京三高永信知识产权代理有限公司 11138

代理人 张所明

(51)Int.Cl.

G01V 1/36(2006.01)

(56)对比文件

CN 102692649 A, 2012.09.26,

CN 101627322 A, 2010.01.13,

US 2005/0128874 A1, 2005.06.16,

US 2007/0195644 A1, 2007.08.23,

曹务祥等. 滑动扫描谐波分析. 《石油地球物理勘探》. 2005, 第40卷(第5期), 第499-509页.

倪宇东等. 可控震源地震采集技术的进展. 《石油地球物理勘探》. 2011, 第46卷(第3期), 第349-356页.

审查员 蒋健君

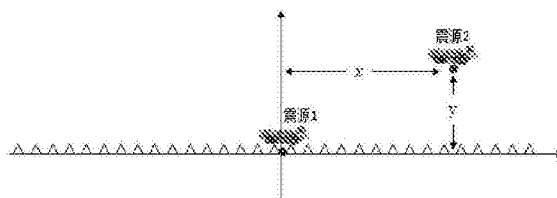
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种快速准确选取可控震源滑动时间参数的方法

(57)摘要

本发明是地震勘探中快速准确选取可控震源滑动时间参数的方法, 根据已知的可控震源扫描长度和起止扫描频率, 计算出避开二次谐波所要求的最小滑动时间, 将原始数据在时间域取不同的时间向后延迟, 获得不同模拟滑动时间的记录, 垂直叠加后与可控震源扫描信号进行互相关, 根据对模拟记录谐波干扰的大小和范围, 选择干扰能量弱和范围小的模拟滑动时间, 将起始时间大于目的层时间的滑动时间确定为滑动时间参数。本发明通过室内模拟方法快速准确地选取滑动时间, 实现了可控震源滑动扫描方法施工中滑动时间的快速、准确选择, 降低了野外试验周期, 确保滑动时间参数选取的合理性。



1. 一种快速准确选取可控震源滑动时间参数的方法, 特点是通过以下步骤实现:

1) 根据已知的可控震源扫描长度和起止扫描频率, 计算出避开二次谐波所要求的最小滑动时间 $T_i$ ;

2) 野外现场采集可控震源原始未相关数据;

野外现场采集可控震源原始未相关数据是利用可控震源扫描信号 $S(t)$ , 在震源1和震源2位置, 利用相同排列记录可控震源原始未相关数据 $Raw1(t)$ 和 $Raw2(t)$ ;

3) 将原始数据 $Raw2(t)$ 在时间域向后延迟时间 $i$ , 得到延迟后的记录 $Raw2(t_i)$ , 每次取不同的时间 $i$ , 获得不同模拟滑动时间 $i$ 的记录 $Raw2(t_i)$ ;

4) 将由步骤2)得到的 $Raw1(t)$ 和由步骤3)得到的不同模拟滑动时间 $i$ 的记录 $Raw2(t_i)$ 分别进行垂直叠加, 得到对应模拟滑动时间 $i$ 的数据 $Raw(t_i)$ ;

垂直叠加采用以下公式:

$$Raw(t_i) = Raw1(t) + Raw2(t_i) \quad (2);$$

5) 将 $Raw(t_i)$ 与可控震源扫描信号 $S(t)$ 进行互相关, 得到模拟滑动时间 $i$ 的地震记录 $R(t_i)$ ;

6) 根据对模拟记录 $R(t_i)$ 谐波干扰的大小和范围, 选择干扰能量弱和范围小的模拟滑动时间, 同时, 在记录上读取谐波干扰的起始时间, 选择干扰起始时间大于目的层时间的滑动时间, 确定可控震源滑动时间参数 $i$ 。

2. 根据权利要求1所述的方法, 特点是步骤1)所述的最小滑动时间 $T_i$ 采用以下公式计算:

$$T_i = \frac{(k-1)f_E}{k(f_E - f_B)} T \quad (1)$$

其中:  $T$ 是扫描长度,  $f_B$ 、 $f_E$ 分别是起止扫描频率;  $k$ 为常数。

3. 根据权利要求2所述的方法, 特点是,  $k=2$ 。

4. 根据权利要求1所述的方法, 特点是步骤3)所述的时间 $i$ 大于步骤1)中估算的最小滑动时间 $T_i$ , 小于扫描长度 $T$ ,  $i$ 取3-5个整数值。

## 一种快速准确选取可控震源滑动时间参数的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及石油勘探工程,是地震勘探中使用可控震源滑动扫描方法生产中快速准确选取可控震源滑动时间参数的方法。

### 背景技术

[0002] 目前,在石油地震勘探中,滑动扫描技术是国际上可控震源高效采集技术中最成熟、最常用的技术之一,该技术已获得了良好的勘探效果和经济效益。滑动扫描是指使用多组可控震源同时进行作业,在该技术应用中,谐波干扰是客观存在的,在处理时需要专门的压制技术,在野外通过设计合理的滑动时间也可以有效减弱谐波干扰。滑动时间是可控震源相邻两次震动时间间隔,滑动时间原则上大于地震记录长度即可,与交替扫描相比,相邻的两次振动(扫描),突破了第二次扫描必须等第一次扫描记录结束才能开始的限制,压缩了相邻两次扫描的间隔时间,可提高生产效率。滑动时间参数会影响原始资料品质,目前可控震源滑动扫描施工中,确定滑动时间往往是野外应用2套或多套震源,按照滑动扫描方式分别按照不同的滑动时间进行数据采集,室内对上述数据进行分析对比,以确定合适的滑动时间,一般是通过野外大量的点上试验来确定滑动时间参数,工作量大,资料分析周期长,如果施工区域复杂,生产过程中需要考核试验时,将会进一步影响生产效率,同时,确定的滑动时间参数也具有一定的偶然性。

### 发明内容

[0003] 本发明目的在于提供一种可提高生产效率,提高资料品质的快速准确选取可控震源滑动时间参数的方法。

[0004] 本发明通过以下步骤实现:

[0005] 1)根据已知的可控震源扫描长度和起止扫描频率,计算出避开二次谐波所要求的最小滑动时间 $T_i$ ;

[0006] 步骤1)所述的最小滑动时间 $T_i$ 采用以下公式计算:

$$[0007] \quad T_i = \frac{(k-1)f_E}{k(f_E - f_B)} T \quad (1)$$

[0008] 其中: $T$ 是扫描长度, $f_B$ 、 $f_E$ 分别是起止扫描频率; $k$ 为常数;

[0009] 所述的 $k$ 为常数, $k=2$ 。

[0010] 2)野外现场采集可控震源原始未相关数据;

[0011] 步骤2)所述的野外现场采集可控震源原始未相关数据是利用可控震源扫描信号 $S(t)$ ,在震源1和震源2位置,利用相同排列记录可控震源原始未相关数据 $Raw1(t)$ 和 $Raw2(t)$ 。

[0012] 3)将原始数据 $Raw2(t)$ 在时间域向后延迟时间 $i$ ,得到延迟后的记录 $Raw2(t_i)$ ,每次取不同的时间 $i$ ,获得不同模拟滑动时间 $i$ 的记录 $Raw2(t_i)$ ;

[0013] 所述的时间 $i$ 大于步骤1)中估算的最小滑动时间 $T_i$ ,小于或等于扫描长度 $T$ , $i$ 取整

数,根据实际情况*i*取3-5个值。

[0014] 4)将由步骤2)得到的Raw1(t)和由步骤3)得到的不同模拟滑动时间*i*的记录Raw2(*t<sub>i</sub>*)分别进行垂直叠加,得到对应模拟滑动时间*i*的数据Raw(*t<sub>i</sub>*);

[0015] 步骤4)所述的垂直叠加采用以下公式:

[0016]  $Raw(t_i) = Raw1(t) + Raw2(t_i)$  (2);

[0017] 5)将Raw(*t<sub>i</sub>*)与可控震源扫描信号S(t)进行互相关,得到模拟滑动时间*i*的地震记录R(*t<sub>i</sub>*);

[0018] 6)根据对模拟记录R(*t<sub>i</sub>*)谐波干扰的大小和范围,选择干扰能量弱和范围小的模拟滑动时间,同时,在记录上读取谐波干扰的起始时间,选择干扰起始时间大于目的层时间的滑动时间,确定可控震源滑动时间参数*i*。

[0019] 本发明实现了可控震源滑动扫描方法施工中滑动时间的快速、准确选择,减少了野外试验工作量,降低了野外试验费用,缩短了试验周期,确保滑动时间参数选取的合理性。

### 附图说明

[0020] 图1是采集可控震源原始未相关记录的观测系统示意图;

[0021] 图2是用于模拟分析的不同位置的相关记录;

[0022] 图3是模拟不同滑动时间的相关记录;

[0023] 图4是模拟不同滑动时间的记录时频图,

[0024] A)是模拟滑动时间8s的记录时频图;

[0025] B)是模拟滑动时间10s的记录时频图;

[0026] C)是模拟滑动时间12s的记录时频图;

[0027] D)是模拟滑动时间14s的记录时频图。

### 具体实施方式

[0028] 以下结合附图详细说明本发明。

[0029] 本发明采用以下步骤实现:

[0030] 1)野外通过一条适当长的二维排列接收平面上不同位置的可控震源常规未相关记录,根据已知的可控震源扫描长度T和起止扫描频率*f<sub>B</sub>*、*f<sub>E</sub>*,由公式(1)计算出避开二次谐波所要求的最小滑动时间*T<sub>i</sub>*;

$$[0031] \quad T_i = \frac{(k-1)f_E}{k(f_E - f_B)} T \quad (1)$$

[0032] 式中的k为常数,k=2。

[0033] 2)野外现场采集可控震源原始未相关数据

[0034] 步骤2)所述的野外现场采集可控震源原始未相关数据是根据已确定的可控震源参数,利用可控震源扫描信号S(t),在震源1和震源2位置,利用相同排列记录可控震源原始未相关数据Raw1(t)和Raw2(t)。见图1,其中“△”代表接收排列,“●”代表可控震源位置。

[0035] 3)将原始数据Raw2(t)在时间域向后延迟时间*i*,该步骤可以在CGG、ProMax、Ω、GeoEast等处理系统上,利用野外静校正应用模块实现。如在GeoEast处理系统上,利用静校

正应用模块StApply,在“application potions”选项里面选择“constant correction”,然后在“correction constant”参数里填写常数校正时间 $-i$ ,单位为ms,生成SEG-Y格式数据,输出文件名Raw2( $t_i$ )。

[0036] 对不同的时间 $i$ ,重复该步骤,得到不同模拟滑动时间 $i$ 的记录Raw2( $t_i$ )。所述的时间 $i$ 大于步骤1)中估算的最小滑动时间 $T_i$ ,小于扫描长度 $T$ , $i$ 取整数,根据实际情况 $i$ 取3-5个值。

[0037] 4)将由步骤2)得到的Raw1( $t$ )和由步骤3)得到的不同模拟滑动时间 $i$ 的记录Raw2( $t_i$ )分别进行垂直叠加,得到对应模拟滑动时间 $i$ 的数据Raw( $t_i$ );

[0038] 步骤4)所述的垂直叠加采用以下公式:

[0039]  $Raw(t_i) = Raw1(t) + Raw2(t_i)$  (2);

[0040] 可在CGG、ProMax、 $\Omega$ 、GeoEast等处理系统上,利用多功能叠加模块将Raw1( $t$ )和Raw2( $t_i$ )按同道号进行叠加,形成一个新的炮集。如在GeoEast处理系统上,利用叠加模块VersatiStk,在“input gather type”中选择“source”作为输入道集类型,在“header word for stack”参数中选择“trace number”作为叠加道头字。将Raw1( $t$ )和Raw2( $t_i$ )按同道号进行叠加,形成一个新的炮集,生成SEG-Y格式数据,输出文件名Raw( $t_i$ )。

[0041] 5)将Raw( $t_i$ )与可控震源扫描信号 $S(t)$ 进行互相关,得到模拟滑动时间 $i$ 的地震记录 $R(t_i)$ ;

[0042] 可在CGG、ProMax、 $\Omega$ 、GeoEast等处理系统上,利用互相关分析模块,将数据Raw( $t_i$ )与扫描信号 $S(t)$ 互相关,生成互相关后的地震记录 $R(t_i)$ 。如在GeoEast处理系统上,在输入数据Raw( $t_i$ )上点击右键选择“Correlation Analysis”启动GeoSeismic Correlation交互相关分析模块,此时数据Raw( $t_i$ )已经在交互界面的数据窗口下打开,然后需要在信号窗口里面打开扫描信号 $S(t)$ ,选择交互界面上端的“Correlation”选项里面的“Crosscorrelation”互相关选项,弹出互相关参数定义窗口,选择填写需要计算的地震数据时窗和信号数据时窗等参数,点击“OK”后生成互相关后的地震记录 $R(t_i)$ ,以SEG-Y格式数据输出。

[0043] 分别对每个 $i$ 值重复步骤3)至步骤5),得到不同模拟滑动时间 $i$ 的地震记录 $R(t_i)$ ;

[0044] 6)分析不同的模拟记录 $R(t_i)$ 即可准确选取可控震源滑动时间参数 $i$ ;

[0045] 对模拟记录 $R(t_i)$ 进行能量和信噪比定量分析统计,确定记录上谐波干扰的大小和范围,选择谐波干扰能量弱和范围小的模拟记录,该模拟记录所对应的模拟滑动时间就是要选取的可控震源滑动时间参数 $i$ 。

[0046] 本发明实验实例如下:

[0047] 可控震源参数是:扫描长度 $T=14s$ , $f_B=6Hz$ , $f_E=84Hz$ ,根据公式(1)计算出避开二次谐波所要求的最小滑动时间 $T_i=7.5s$ 。在该实例中,模拟滑动时间 $i$ 取8s、10s、12s、14s。

[0048] 从图2所示的可控震源常规相关记录看,谐波干扰较弱,只有近道震源机械干扰。从图3所示的模拟不同滑动时间的相关记录看,干扰主要来自相邻炮的二阶谐波,随着模拟滑动时间的增加,谐波干扰逐渐减弱。从图4时频图分析,除二阶谐波能量稍强外,其它高阶谐波干扰很弱,对资料品质影响较小。在模拟滑动时间8s的记录和图4A)所示的时频图上,本炮受到后续相邻炮的谐波干扰,干扰最强,而在模拟滑动时间10s、12s、14s的记录上,谐波干扰相对较弱,只是干扰到近道排列,从图4B、图4C、图4D时频图上看,基波已经避开二次

谐波干扰。因此,通过分析不同滑动时间模拟记录,当扫描长度为14s时,滑动时间10s的模拟记录上谐波干扰较弱。因此,本实例中滑动时间选择为10s。

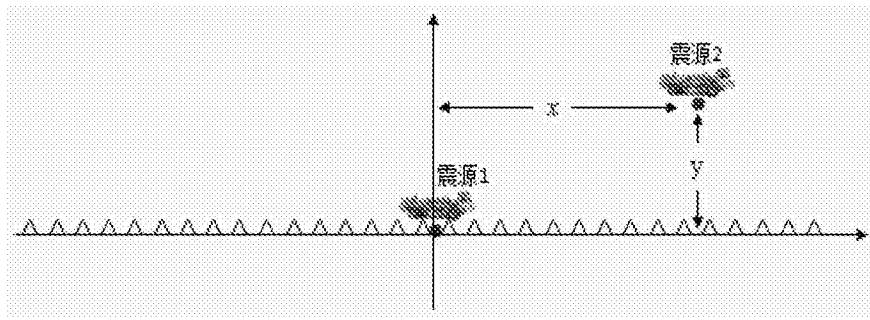


图1

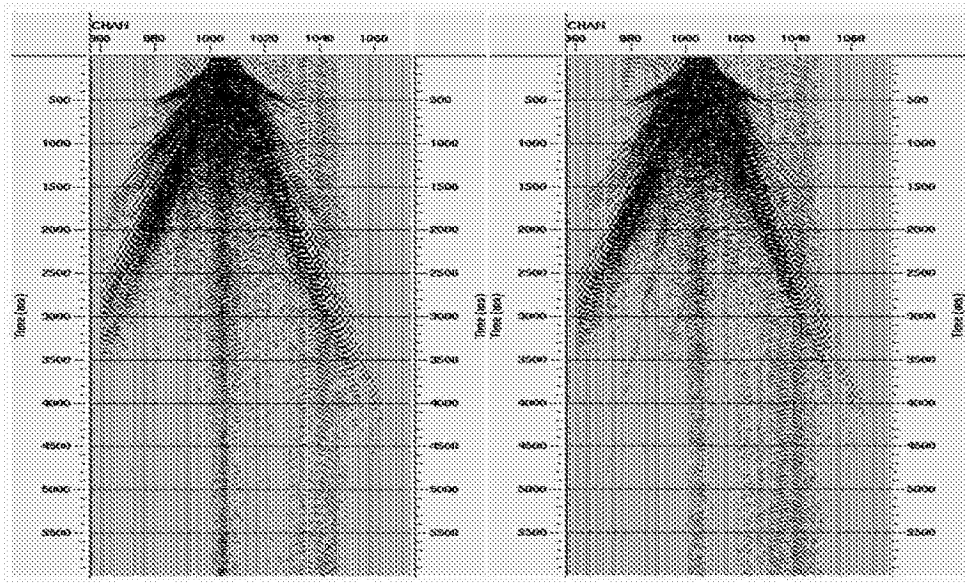


图2

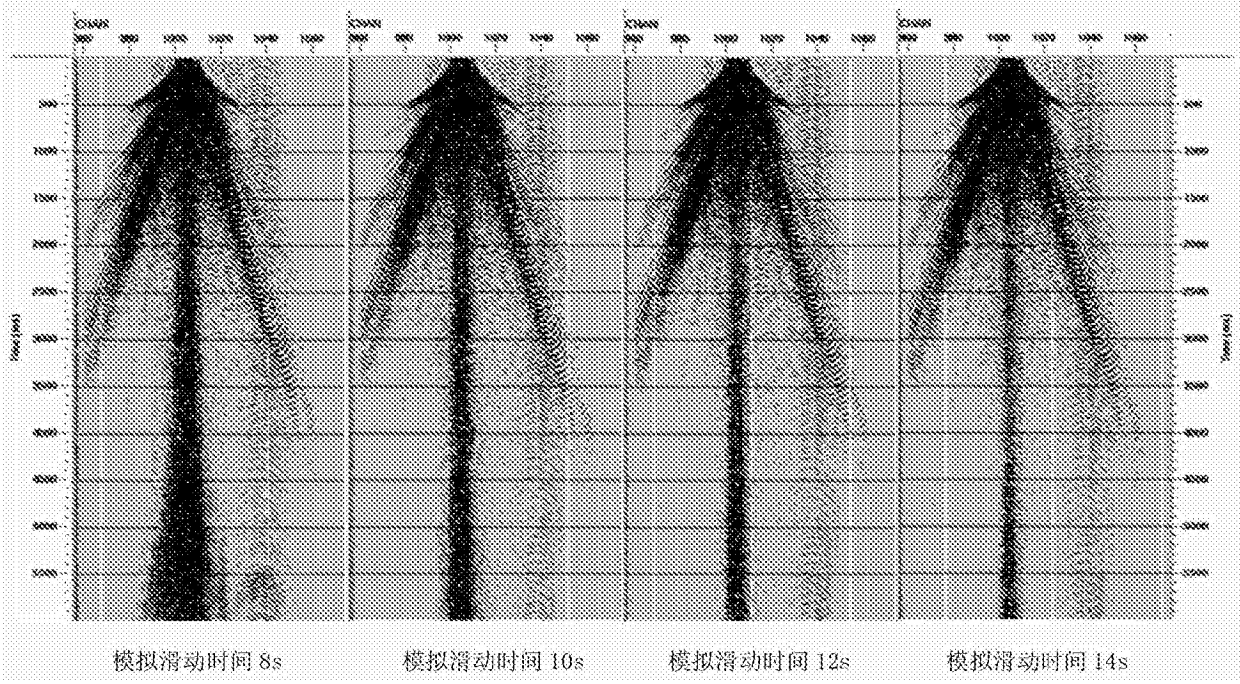


图3



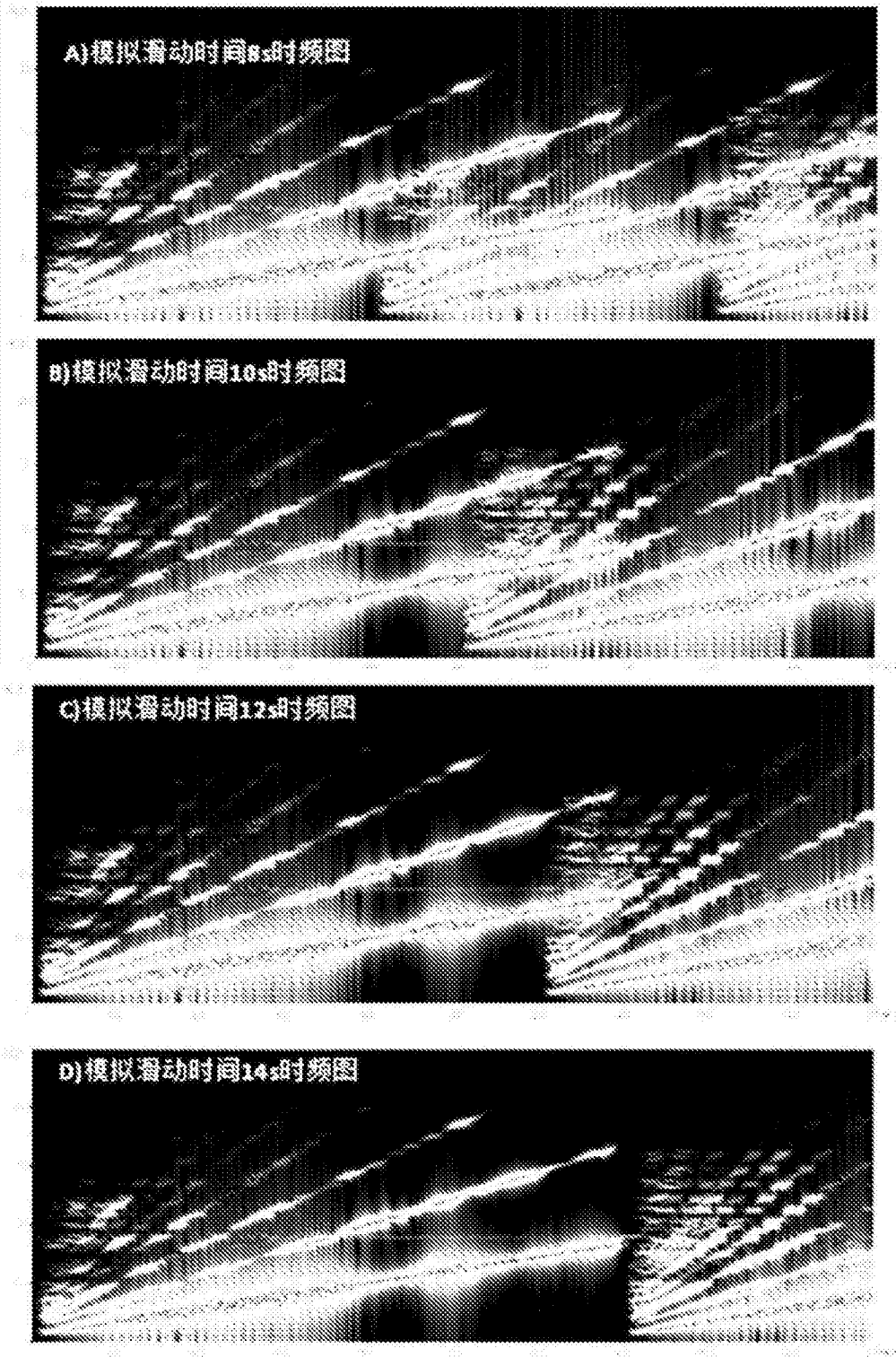


图4