



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105093327 B
(45)授权公告日 2017. 12. 01

(21)申请号 201510353757.3

CN 103048684 A, 2013.04.17,

(22)申请日 2015.06.24

CN 103135133 A, 2013.06.05,

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105093327 A

CN 104280775 A, 2015.01.14,

(43)申请公布日 2015.11.25

Yike Liu.Noise reduction by vector median filtering.《Geophysics》.2013,第78卷(第3期),第V79-V86页.

(73)专利权人 中国科学院地球化学研究所
地址 550002 贵州省贵阳市观水路46号

Ioannis Pitas 等.Multivariate Ordering in Color Image Filtering.《IEEE transactions on circuits and systems for video technology》.1991,第1卷(第3期),第247-259,295-296页.

(72)发明人 汪超 王赞

王文闯 等.基于 α -trimmed 矢量中值滤波压制同步激发邻炮干扰.《石油地球物理勘探》.2014,第49卷(第6期),第1061-1067页.

(74)专利代理机构 北京国昊天诚知识产权代理有限公司 11315

代理人 许志勇

审查员 陈晓晨

(51)Int. Cl.
G01V 1/36(2006.01)

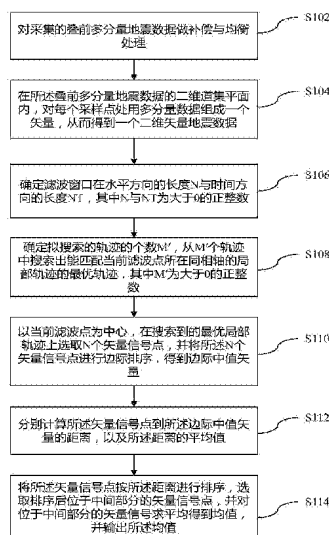
(56)对比文件
US 6477467 B1, 2002.11.05,

权利要求书2页 说明书5页 附图9页

(54)发明名称
多分量地震数据的矢量均值滤波方法

(57)摘要

本发明公开了一种多分量地震数据的矢量均值滤波方法,包括:对叠前多分量地震数据做处理;对每个采样点处用多分量数据组成一个矢量;确定滤波窗口在水平方向的长度N与时间方向的长度NT,其中N与NT为大于0的正整数;确定拟搜索的轨迹的个数M',从M'个轨迹中搜索出能匹配当前滤波点所在同相轴的局部轨迹的最优轨迹,其中M'为大于0的正整数;以当前滤波点为中心,在搜索到的最优局部轨迹上选取N个矢量信号点,并将所述N个矢量信号点进行边缘排序,得到边缘中值矢量;分别计算所述矢量信号点到所述边缘中值矢量的距离,以及所述距离的平均值;将所述矢量信号点按所述距离进行排序,选取排序后位于中间部分的矢量信号点,并对位于中间部分的矢量信号求平均得到矢量均值。通过本发明,以解决现有技术存在的在压制随机噪声时容易破坏多分量地震数据分量间矢量关系的问题。



1. 一种多分量地震数据的矢量均值滤波方法,其特征在于,包括:

对采集的叠前多分量地震数据做补偿与均衡处理;

在所述叠前多分量地震数据的二维道集平面内,对每个采样点处用多分量数据组成一个矢量,从而得到一个二维矢量地震数据;

确定滤波窗口在水平方向的长度 N 与时间方向的长度 NT ,其中 N 与 NT 为大于0的正整数;

确定拟搜索的轨迹的个数 M' ,从 M' 个轨迹中搜索出能匹配当前滤波点所在同相轴的局部轨迹的最优轨迹,其中 M' 为大于0的正整数;

以当前滤波点为中心,在搜索到的最优局部轨迹上选取 N 个矢量信号点,并将所述 N 个矢量信号点进行边际排序,得到边际中值矢量;

分别计算所述矢量信号点到所述边际中值矢量的距离,以及所述距离的平均值;

将所述矢量信号点按所述距离进行排序,选取排序后位于中间部分的矢量信号点,并对位于中间部分的矢量信号求平均得到矢量均值,并输出所述矢量均值。

2. 根据权利要求1所述的多分量地震数据的矢量均值滤波方法,其特征在于,所述补偿与均衡处理包括多分量一体化道均衡处理、多分量一体化真振幅恢复处理。

3. 根据权利要求1所述的多分量地震数据的矢量均值滤波方法,其特征在于,所述对每个采样点处用多分量数据形成一个矢量满足如下公式:

$$x = [x^1 \ x^2 \ \dots \ x^K],$$

其中, K 为地震数据分量的个数, x^i 为多分量数据第 i 个分量的采样值, $i=1,2,\dots,K$ 。

4. 根据权利要求1所述的多分量地震数据的矢量均值滤波方法,其特征在于,在所述确定拟搜索的轨迹的个数 M' ,从 M' 个轨迹中搜索出能匹配当前滤波点所在同相轴的局部轨迹的最优轨迹的步骤包括:

确定拟搜索的 M' 个轨迹;

对于每条搜索轨迹 tr , $tr=1,2,\dots,M'$,以当前滤波点为中心选取 N 个相邻道,并以长度为所述时间方向的长度 NT 的时间窗,沿搜索轨迹滑动截取 N 个长度为 NT 的矢量信号片段,以得到 N 条矢端曲线,其中每条矢端曲线记为 $[x_n^1(tr) \ x_n^2(tr) \ \dots \ x_n^{NT}(tr)]$, $n=1,2,\dots,N$;

计算所述 N 条矢端曲线中每两条矢端曲线之间的空间距离,并求和得到总和空间距离;

从 M' 个搜索轨迹中选取总和空间距离最小的轨迹,以得到所述最优局部轨迹。

5. 根据权利要求4所述的多分量地震数据的矢量均值滤波方法,其特征在于,所述搜索轨迹包括直线轨迹与弯曲轨迹,所述直线轨迹满足如下公式:

$$L_i = [-v, \dots, 0, \dots, v] \times \theta_i \quad (i=1, \dots, M),$$

$$\theta_i = \frac{i \times (\theta_{\max} - \theta_{\min})}{M},$$

其中, L_i 表示第 i 个直线轨迹, $v = (N-1)/2$, N 为奇数, M 为大于0的正整数, θ_{\max} 与 θ_{\min} 分别为直线轨迹的最大、最小倾斜度, θ_i 为倾斜度采样间隔;

所述弯曲轨迹满足如下公式:

$$C_i^j = \begin{cases} L_i + \delta_j \times (V' - V(v+1)) / V(N), & \theta_i > 0 \\ \delta_j \times [v, v-1, \dots, 0, v] / 2v, & \theta_i = 0 \\ L_i + \delta_j \times (V' - V(v+1)) / V(N), & \theta_i < 0 \end{cases}$$

$$V = \text{cumsum}[0, 1, \dots, N-1],$$

其中, C_i^j 表示与第 i 条直线轨迹对应的第 j 条弯曲轨迹, j 为大于 0 的整数, δ_j 为轨迹的弯曲度, 取值为正实数, cumsum 表示累计求和, V' 为向量 V 的反转, $V(v+1)$ 为向量 V 的第 $v+1$ 个元素, $V(N)$ 为向量 V 的第 N 个元素。

6. 根据权利要求 4 所述的多分量地震数据的矢量均值滤波方法, 其特征在于, 所述总和空间距离满足如下公式:

$$D(\text{tr}) = \sum_{n=1}^N \sum_{l=n+1}^N \left(\sum_{t=1}^{NT} \|\mathbf{x}_n^t(\text{tr}) - \mathbf{x}_l^t(\text{tr})\|_2 \right),$$

其中, $\|\cdot\|_2$ 为求 L_2 模, $D(\text{tr})$ 为所述总和空间距离, $\text{tr} = 1, 2, \dots, M'$, 表示第 tr 条搜索轨迹, $\mathbf{x}_n^t(\text{tr})$ 和 $\mathbf{x}_l^t(\text{tr})$ 分别为第 n 和第 l 条矢端曲线的第 t 个点。

7. 根据权利要求 1 所述的多分量地震数据的矢量均值滤波方法, 其特征在于, 所述距离满足如下公式:

$$d_n = (x_n - x_{\text{mid}}) (x_n - x_{\text{mid}})^T.$$

其中, d_n 为所述距离, $n = 1, 2, \dots, N$, x_n 为 N 个矢量信号点, x_{mid} 为所述边际中值矢量。

8. 根据权利要求 1 所述的多分量地震数据的矢量均值滤波方法, 其特征在于, 所述距离的平均值满足如下公式:

$$d_o = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N d_n$$

其中, d_n 为所述距离, d_o 为所述距离的平均值。

9. 根据权利要求 8 所述的多分量地震数据的矢量均值滤波方法, 其特征在于, 所述中间部分为 $d_n \leq d_o$ 。

10. 根据权利要求 9 所述的多分量地震数据的矢量均值滤波方法, 其特征在于, 所述矢量均值满足如下公式:

$$\bar{x}^k = \frac{\sum_{n=1}^N a_n x_n^k}{\sum_{n=1}^N a_n} \quad k = 1, 2, \dots, K.$$

$$a_n = \begin{cases} 1, & \text{if } d_n \leq d_o, \\ 0, & \text{otherwise,} \end{cases}$$

其中, \bar{x}^k 为所述矢量均值的第 k 维分量, a_n 为取值 0 或 1 的系数, x_n^k 为第 n 个矢量的第 k 维分量, K 为地震数据分量的个数。

多分量地震数据的矢量均值滤波方法

技术领域

[0001] 本发明涉及地震数据滤波的技术领域,尤其涉及一种多分量地震数据的矢量均值滤波方法。

背景技术

[0002] 在石油、天然气、煤炭、煤层气等化石能源勘探过程中,基于爆炸源(人工源)的地震勘探技术是获得地下构造、岩性信息,识别油气等能源存在与否的关键技术之一。常规的地震勘探技术主要利用纵波的激发、传播和单分量地震信号的接收来达到勘查地下弹性波场异常的目的。随着油气勘探开发程度不断深入,油气勘探目标日趋复杂,相应的勘探技术水平也在不断提高,最近20多年来,综合利用纵波和转换横波信息的多分量地震勘探技术引起国内外的广泛关注,成为研究攻关的热点,也是目前地震勘探技术发展的主要方向。

[0003] 相比于单纯的纵波资料,多波多分量地震资料包含更加丰富的运动学与动力学信息,多波勘探具有以下优势:解决某些单分量纵波的成像空白问题,如气云区、纵波弱反射区构造成像;联合利用纵波与横波可以提高岩性、流体识别的准确性;横波能帮助刻画油气藏或覆盖层中裂缝的密度和方位、岩石力学参数等。因而多分量地震勘探在寻找岩性油气藏、裂隙裂缝型油气藏、煤层气与页岩气等复杂非常规油气藏中越来越受到重视。当前多分量处理亟待解决的问题包括静校正、噪声衰减、各向异性叠前偏移等,各个环节相互关联影响,只有每个环节都得到好的处理,最终才能得到高质量的结果。由于勘探目标和地表条件的复杂性,以及震源与采集方式等的影响,使得多分量地震记录中噪声类型复杂、信噪比低、有效信号能量弱。

[0004] 因此,噪声衰减是一个至关重要的环节,其结果严重影响着多分量地震资料后续处理解释成果的可靠性与精度。

发明内容

[0005] 本发明的主要目的在于提供一种多分量地震数据的矢量均值滤波方法,以解决现有技术存在的在压制随机噪声时容易破坏多分量地震数据分量间矢量关系的问题。

[0006] 为解决上述问题,本发明实施例提供一种多分量地震数据的矢量均值滤波方法,包括:对采集的叠前多分量地震数据做补偿与均衡处理;在所述叠前多分量地震数据的二维道集平面内,对每个采样点处用多分量数据形成一个矢量,从而得到一个二维矢量地震数据;确定滤波窗口在水平方向的长度 N 与时间方向的长度 NT ,其中 N 与 NT 为大于0的正整数;确定拟搜索的轨迹的个数 M' ,从 M' 个轨迹中搜索出能匹配当前滤波点所在同相轴的局部轨迹的最优轨迹,其中 M' 为大于0的正整数;以当前滤波点为中心,在搜索到的最优局部轨迹上选取 N 个矢量信号点,并将所述 N 个矢量信号点进行边际排序,得到边际中值矢量;分别计算所述矢量信号点到所述边际中值矢量的距离,以及所述距离的平均值;将所述矢量信号点按所述距离进行排序,选取排序后位于中间部分的矢量信号点,并对位于中间部分的矢量信号求平均得到矢量均值,并输出所述矢量均值。

[0007] 根据本发明的技术方案,通过根据相邻道多分量地震矢量信号片段之间的矢量距离在多个直线轨迹与曲线轨迹中搜索出地震波同相轴的局部轨迹,然后沿地震同相轴局部轨迹加窗选取邻域点,并且基于多元数据统计排序理论,对沿同相轴局部轨迹选取的多个矢量信号采样点进行矢量均值滤波处理,以解决简单矩形滤波窗对倾斜同相轴及地震波局部极值附近有效信号产生损伤的问题外,还能有效压制脉冲随机噪声和高斯随机噪声,又能很好地保持多分量地震信号的矢量特征不畸变。

附图说明

[0008] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0009] 图1是根据本发明实施例的多分量地震数据的矢量均值滤波方法的流程图;

[0010] 图2是图1的步骤S108的详细流程图;

[0011] 图3a是根据本发明实施例的合成地震数据的Z分量的波形图;

[0012] 图3b是根据本发明实施例的用水水平矩形滤波窗口选取相邻点来做矢量均值滤波的波形图;

[0013] 图3c是根据本发明实施例的沿搜索的最优轨迹加窗选取相邻点做矢量均值滤波的波形图;

[0014] 图3d是图3a与图3b之差的波形图;

[0015] 图3e是图3a与图3c之差的波形图;

[0016] 图4a是根据本发明实施例的合成地震数据的Z分量的波形图;

[0017] 图4b是根据本发明实施例的合成地震数据的X分量的波形图;

[0018] 图5a为加噪数据经过低通滤波后的Z分量的波形图;

[0019] 图5b为加噪数据经过低通滤波后的X分量的波形图;

[0020] 图5c是根据本发明实施例的单分量滤波后的Z分量的波形图;

[0021] 图5d是根据本发明实施例的单分量滤波后的X分量的波形图;

[0022] 图5e是根据本发明实施例的两分量矢量滤波后的Z分量的波形图;

[0023] 图5f是根据本发明实施例的两分量矢量滤波后的X分量的波形图;

[0024] 图6是三种方法滤波后的两分量地震数据部分信号片段的矢端图。

具体实施方式

[0025] 本发明的主要思想在于,基于根据相邻道多分量地震矢量信号片段之间的矢量距离在多个直线轨迹与曲线轨迹中搜索出地震波同相轴的局部轨迹,然后沿地震同相轴局部轨迹加窗选取邻域点,并且基于多元数据统计排序理论,对沿同相轴局部轨迹选取的多个矢量信号采样点进行矢量均值滤波处理,以解决简单矩形滤波窗对倾斜同相轴及地震波局部极值附近有效信号产生损伤的问题外,还能有效压制脉冲随机噪声和高斯随机噪声,又能很好地保持多分量地震信号的矢量特征不畸变。

[0026] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,以下结合附图及具体实施例,对本发明作进一步地详细说明。

[0027] 根据本发明的实施例,提供了一种多分量地震数据的矢量均值滤波方法。

[0028] 图1是根据本发明实施例的多分量地震数据的矢量均值滤波方法的流程图。

[0029] 在步骤S102中,对采集的叠前多分量地震数据做补偿与均衡处理。其中,所述补偿与均衡处理为多分量一体化道均衡处理、多分量一体化真振幅恢复处理,并将所述叠前多分量地震数据处理后排列成二维叠前炮集或共中心点道集地震数据。

[0030] 在步骤S104中,在所述叠前多分量地震数据的二维道集平面内,对每个采样点处用多分量数据形成一个矢量,从而得到一个二维矢量地震数据。其中,前述形成的所述矢量例如为 $x = [x^1 \ x^2 \ \dots \ x^K]$,其中K为地震数据分量的个数, x^i 为多分量数据第i个分量的采样值, $i = 1, 2, \dots, K$ 。进一步的,三分量数据中每个采样点形成一个三维矢量例如可表示为 $x = [x^1 \ x^2 \ x^3]$ 。

[0031] 在步骤S106中,确定滤波窗口在水平方向的长度N与时间方向的长度 NT,其中N与NT为大于0的正整数。

[0032] 由于地震信号在时间方向是快速振荡变化的,而在相邻道之间变化较为缓慢,所以做矢量均值滤波时沿着地震波同相轴选取邻近点。由于同相轴轨迹未知,需先搜索出同相轴最优局部轨迹。搜索范围按以下方式给定,首先估计出同相轴最大倾斜角度 θ_{\max} 与最小倾斜角度 θ_{\min} (单位为:采样点数每道),给定拟搜索的直线轨迹个数为M,则直线搜索轨迹为公式(1),如下所示:

[0033] $L_i = [-v, \dots, 0, \dots, v] \times \theta_i \ (i = 1, \dots, M), \quad (1)$

[0034] $\theta_i = \frac{\epsilon \times (\theta_{\max} - \theta_{\min})}{M}$

[0035] 其中, $v = (N-1) / 2$,N为奇数。叠前地震波同相轴往往是双曲线形或更为复杂的弯曲线,仅用直线难以拟合,为了拟合弯曲同相轴,由每条直线轨迹产生几条弯曲轨迹,如公式(2)所示:

[0036]

$$C_i' = \begin{cases} L_i + \delta_j \times (V - V(v+1)) / V(N), & \theta_i > 0, \\ \delta_j \times [v, v-1, \dots, 0, \dots, v] / 2v, & \theta_i = 0, \\ L_i + \delta_j \times (V' - V(v+1)) / V(N), & \theta_i < 0, \end{cases} \quad (2)$$

[0037] $V = \text{cumsum}[0, 1, \dots, N-1]$

[0038] 其中,cumsum函数是对向量元素进行累计求和, V' 是V中元素翻转后的向量, $V(v+1)$ 为向量V的第v+1个元素, $V(N)$ 为向量V的第N个元素, δ_j 决定轨迹弯曲度,一般小于5个采样点。

[0039] 在步骤S108中,确定拟搜索的轨迹的个数 M' ,从 M' 个轨迹中搜索出能匹配当前滤波点所在同相轴的局部轨迹的最优轨迹,其中 M' 为大于0的正整数。也就是说,设当前需要滤波的数据点为第i道第j个时间采样点 x_{ij} ,从步骤S108中给出的 M' 条轨迹(包括直线轨迹和弯曲轨迹)中搜索出与该点所在同相轴局部轨迹最相吻合的轨迹。进一步的,步骤S108还包括有步骤S202、S204、S206、S208,如图2所示。

[0040] 在步骤S202中,确定拟搜索的 M' 个轨迹。在步骤S204中,对于每个搜索轨迹 P_{tr} ,以当前滤波点 x_{ij} 为中心选取N个相邻道,并以长度为所述时间方向的长度(时间采样点数NT)的时间窗,沿搜索轨迹滑动截取N个长度为所述时间方向长度NT的矢量信号片段,以得到N

条矢端曲线。其中,所述矢量信号片段例如为 $[\mathbf{x}_1^1(tr) \quad \mathbf{x}_1^2(tr) \quad \cdots \quad \mathbf{x}_1^{NT}(tr)]$, $1=1, 2, \dots, N$ 。这样截取的每个矢量信号片段的中心均在搜索轨迹 P_{tr} 上。对于三分量地震数据,所述 N 个矢量信号片段在三维空间中就是 N 条矢端曲线。

[0041] 在步骤S206中,计算所述 N 条矢端曲线间的每两条矢端曲线之间的空间距离,并求得总和空间距离。其中,所述计算每两条矢端曲线之间的空间距离即为估计 N 条矢端曲线间的相关性。并且,所述总和空间距离例如为公式(3),如下所示:

[0042]

$$D(tr) = \sum_{n=1}^N \sum_{l=n+1}^N \left(\sum_{t=1}^{NT} \|\mathbf{x}_n^t(tr) - \mathbf{x}_l^t(tr)\|_2 \right), \quad (3)$$

[0043] 其中, $D(tr)$ 为所述总和空间距离, $tr=1, 2, \dots, M'$,表示第 tr 条搜索轨迹, $\|\cdot\|_2$ 为求 L_2 模, $\mathbf{x}_n^t(tr)$ 和 $\mathbf{x}_l^t(tr)$ 分别为第 n 和第 l 条矢端曲线的第 t 个点。

[0044] 在步骤S208中,从 M' 个搜索轨迹中选取总和空间距离最小的轨迹,以得到所述最优局部轨迹,其中 M' 为大于0的正整数。

[0045] 在步骤S110中,以当前滤波点为中心,在搜索到的最优局部轨迹上选取 N 个矢量信号点,并将所述 N 个矢量信号点进行边际排序,得到边际中值矢量,其中 N 为大于0的正整数。其中, N 个矢量信号点例如为 x_1, \dots, x_N ,且这些矢量的维数与地震数据分量个数 K 相等,即 $\mathbf{x}_n = [x_n^1 \quad x_n^2 \quad \cdots \quad x_n^K]$ 。接着,将 N 个矢量进行边际排序。

[0046] 接着,选取每个边际排序的中值组成一个边际中值矢量 x_{mid} 。

[0047] 在步骤S112中,分别计算所述矢量信号点 x_1, \dots, x_N 到所述边际中值矢量 x_{mid} 的距离,以及所述距离的平均值。其中,所述距离例如为公式(4),如下所示:

$$d_n = (x_n - x_{mid}) (x_n - x_{mid})^T \quad (4)$$

[0049] 其中, d_n 为所述距离, $n=1, 2, \dots, N$, x_n 为 N 个矢量信号点, x_{mid} 为所述边际中值矢量。并且,所述距离的平均值例如为 $d_o = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N d_n$,其中 d_n 为所述距离, d_o 为所述距离的平均值。

[0050] 在步骤S114中,将所述矢量信号点按所述距离进行排序,选取排序后位于中间部分的矢量信号点,并对位于中间部分的矢量信号求平均得到矢量均值,并输出所述矢量均值。其中,所述中间部分为 $d_n \leq d_o$,亦即将所述矢量信号点 x_1, \dots, x_N 按所述距离进行排序,选取排序后位于中间部分 $d_n \leq d_o$ 的矢量信号点。

[0051] 并且,所述矢量均值例如可由公式(5)所求出,公式(5)如下所示:

[0052]

$$\bar{x}^k = \frac{\sum_{n=1}^N a_n x_n^k}{\sum_{n=1}^N a_n} \quad k=1, 2, \dots, K. \quad (5)$$

$$[0053] \quad a_n = \begin{cases} 1, & \text{if } d_n \leq d_o, \\ 0, & \text{otherwise,} \end{cases}$$

[0054] 其中, \bar{x}^k 为所述矢量均值的第 k 维分量, a_n 为取值为0或1的系数, x_n^k 为第 n 个矢量的

第 k 维分量, K 为地震数据分量的个数。所述矢量均值即为当前滤波点的输出值。

[0055] 由公式(5)可以看出在求取均值时并未包括所有矢量,而是选取距离边际中值矢量 x_{mid} 较近的一些矢量来求取均值。如此一来,通过本实施例的多分量地震数据的矢量均值滤波方法处理后,既能有效地压制随机噪声,又能排除零散野值对附近点的影响。

[0056] 上述已说明了如何对多分量地震数据进行矢量均值滤波的方法,以下将提供一些实例来验证上述方法的处理效果。

[0057] 图3a显示了一个合成地震数据的 Z 分量,数据中包含一个弯曲同相轴和两个较为水平的同相轴。为了说明沿同相轴选取相邻点的好处,首先用简单的水平矩形滤波窗口选取相邻点来做矢量均值滤波,滤波结果如图3b所示,滤波结果与原始数据之差如图3d所示,从中可见滤波对弯曲同相轴有较大损伤。然后,用本发明的方法先搜索出同相轴局部轨迹,再沿搜索的最优轨迹加窗选取相邻点做矢量均值滤波,滤波结果如图3c所示,滤波结果与原始数据之差如图3e所示,由误差剖面可见沿同相轴进行滤波大大减小了对弯曲同相轴有效信号的损伤。

[0058] 图4a与图4b显示了另一个合成地震数据的 Z 分量与 X 分量。对这两个数据加上均值为0,标准方差为1的高斯随机噪声。首先利用截止频率为75Hz低通滤波器对两个分量分别进行滤波处理,滤波结果如图5a与图5b,可见低通滤波后仍有大量的低频干扰。然后,用本发明的方法对 Z 分量与 X 分量分别单独进行去噪处理,即取矢量维数 $K=1$,矢量方法退化为标量方法,滤波结果如图5c与图5d所示。最后用本发明的方法对 Z 分量和 X 分量组成的矢量场进行联合滤波处理,即取矢量维数 $K=2$,滤波结果如图5e与图5f所示。由滤波结果可以看出,多分量联合滤波比单分量单独滤波对弱反射同相轴有更好的滤波结果(如图5c~图5f中的矩形窗口标出处),多分量联合滤波能在有效压制随机噪声的同时保留弱有效信号。图6显示了上面三种方法滤波后的两分量地震数据部分信号片段的矢端图,第一列中实线为低通滤波后信号的矢端图,第二列中实线为本发明方法退化的标量滤波方法滤波后信号的矢端图,第三列中实线为本发明方法滤波后信号的矢端图,所有图中虚线为原始信号的矢端图。由图6可见本发明方法能更好地保留多分量地震信号的矢量关系。

[0059] 综上所述,根据本发明的技术方案,通过根据相邻道多分量地震矢量信号片段之间的矢量距离在多个直线轨迹与曲线轨迹中搜索出地震波同相轴的局部轨迹,然后沿地震同相轴局部轨迹加窗选取邻域点,并且基于多元数据统计排序理论,对沿同相轴局部轨迹选取的多个矢量信号采样点进行矢量均值滤波处理,以解决简单矩形滤波窗对倾斜同相轴及地震波局部极值附近有效信号产生损伤的问题外,还能有效压制脉冲随机噪声和高斯随机噪声,又能很好地保持多分量地震信号的矢量特征不畸变。

[0060] 以上所述仅为本发明的实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的权利要求范围之内。

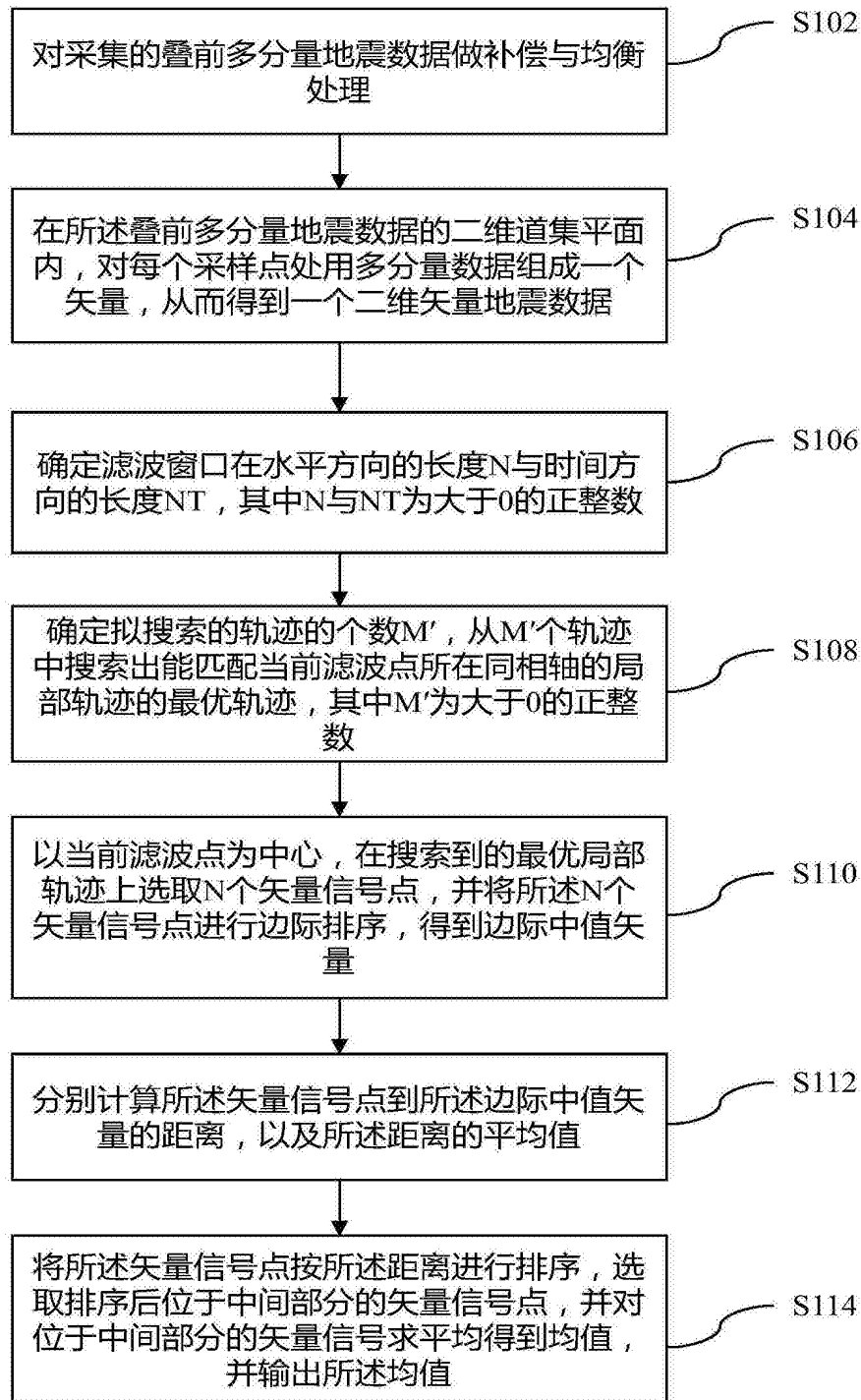


图1

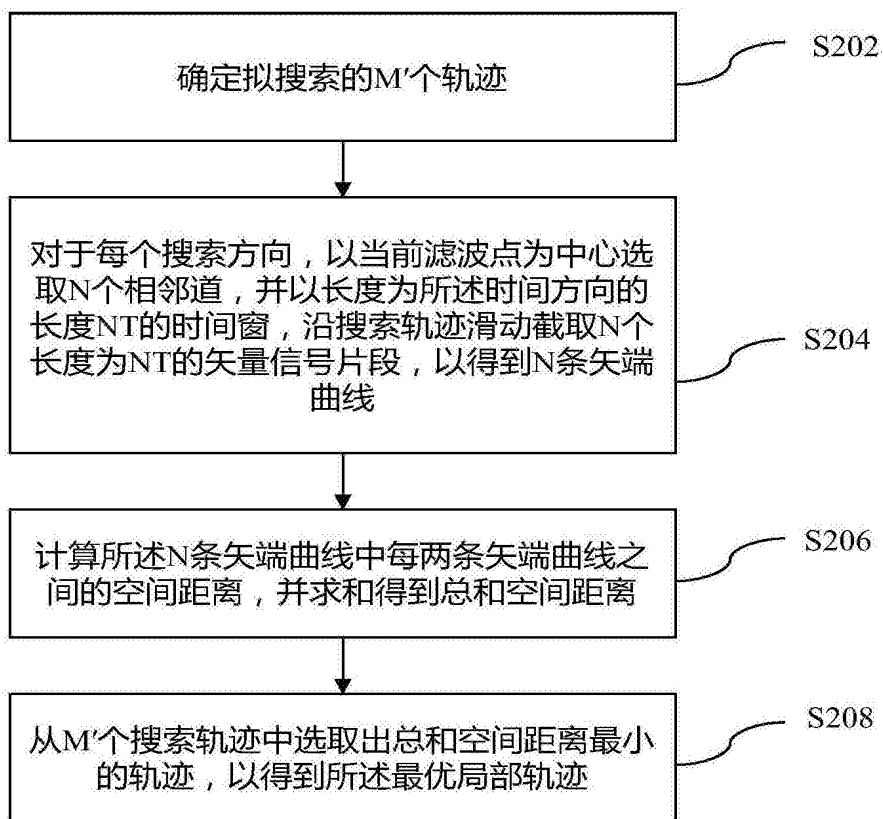


图2

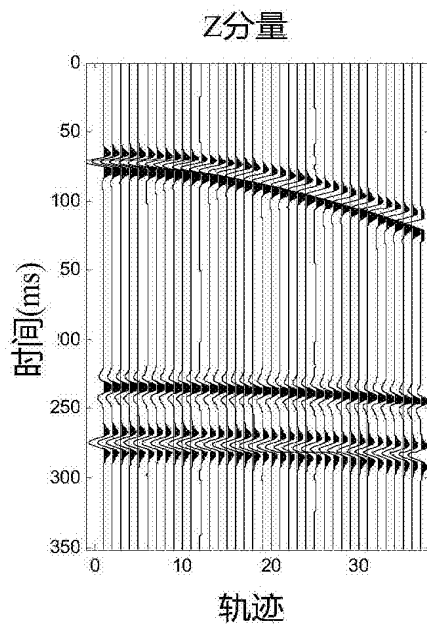


图3a

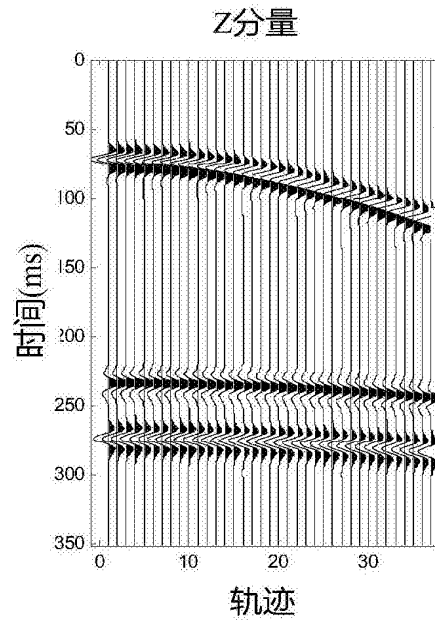


图3b

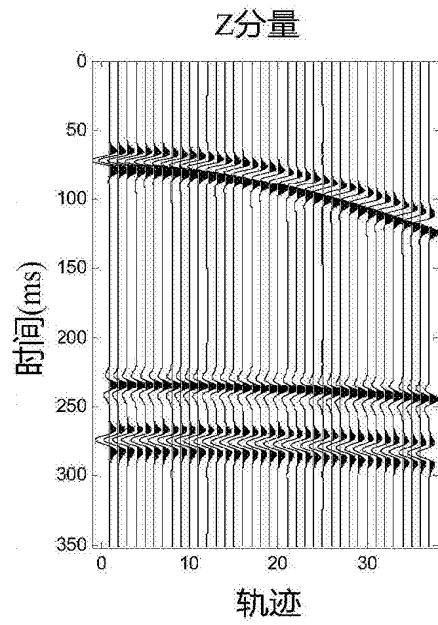


图3c

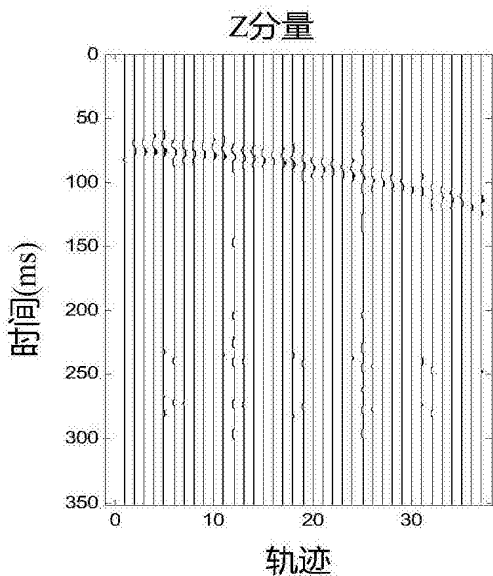


图3d

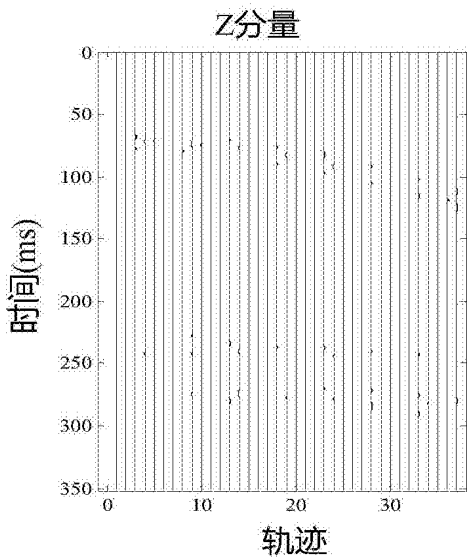


图3e

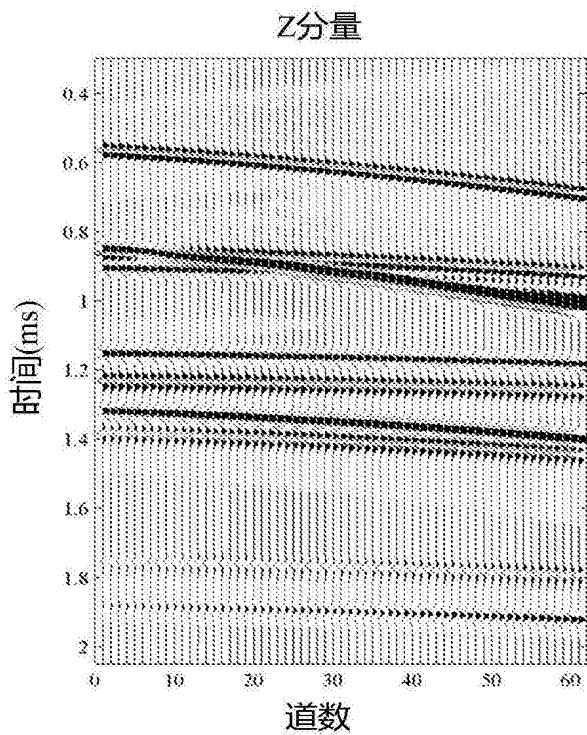


图4a

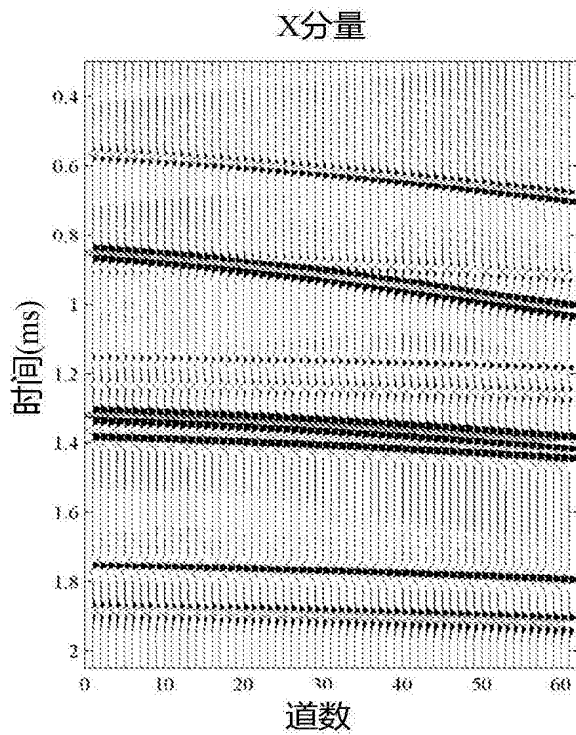


图4b

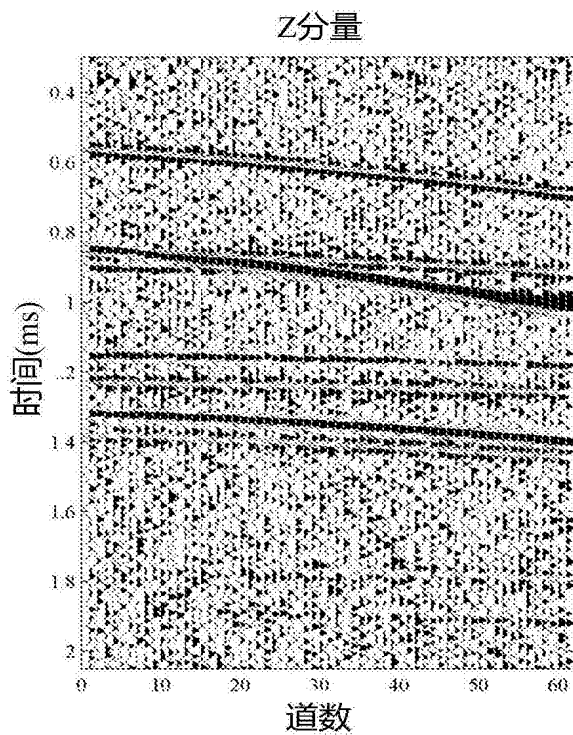


图5a

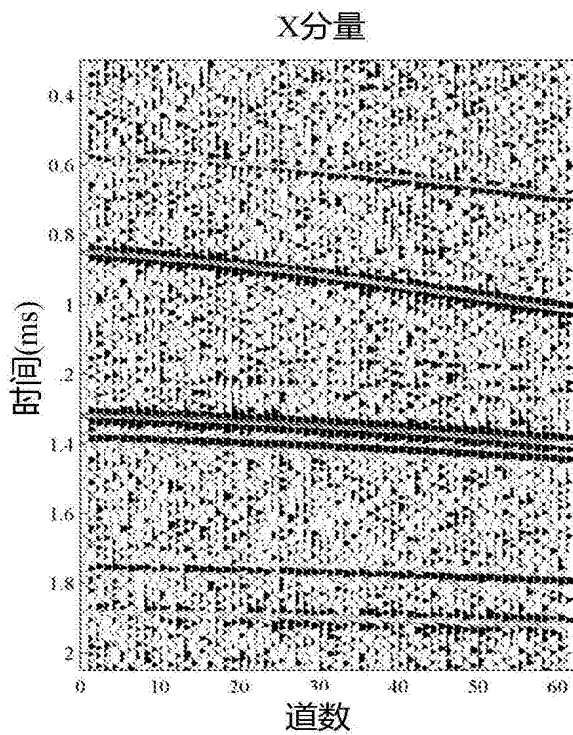


图5b

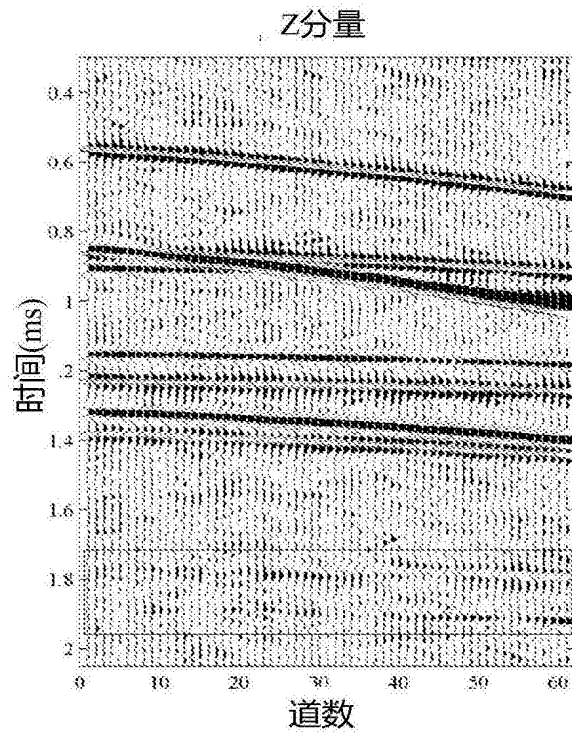


图5c

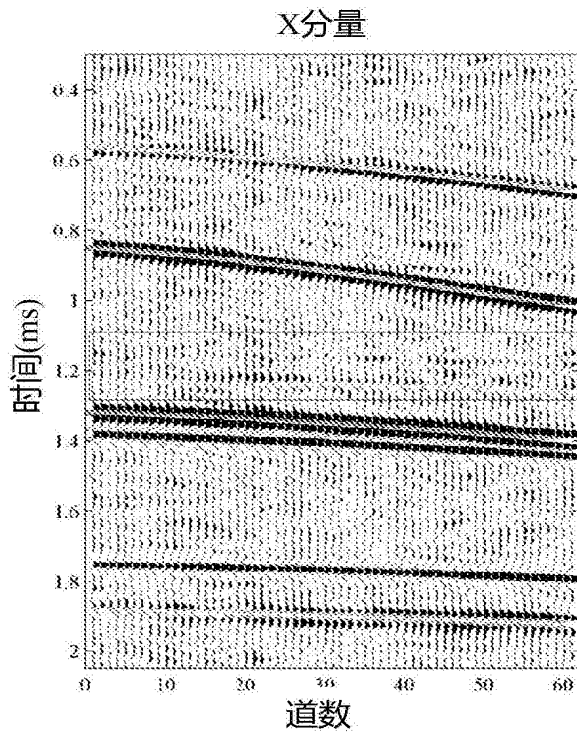


图5d

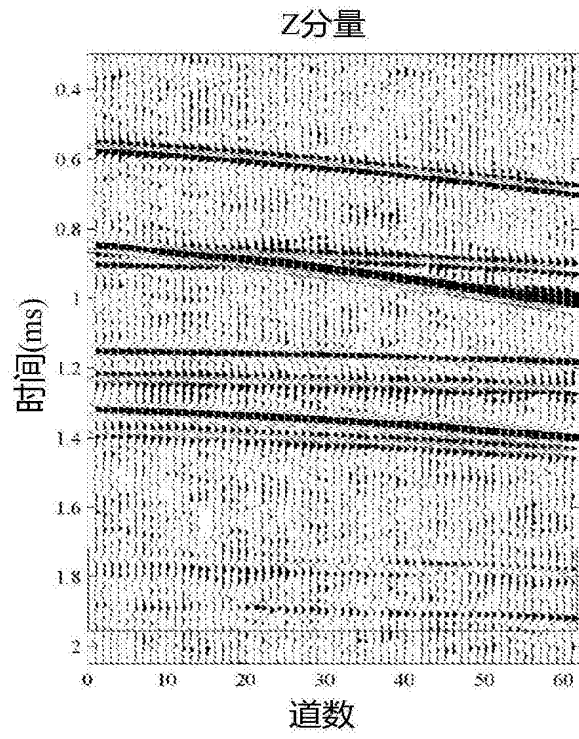


图5e

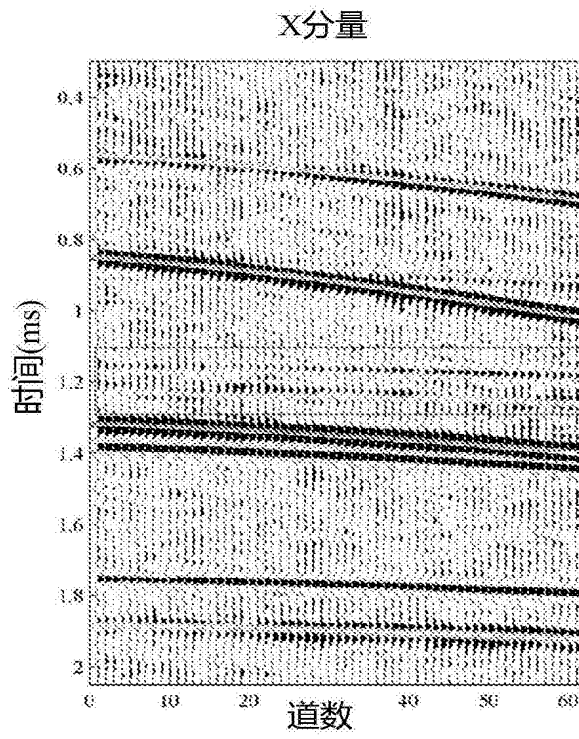


图5f

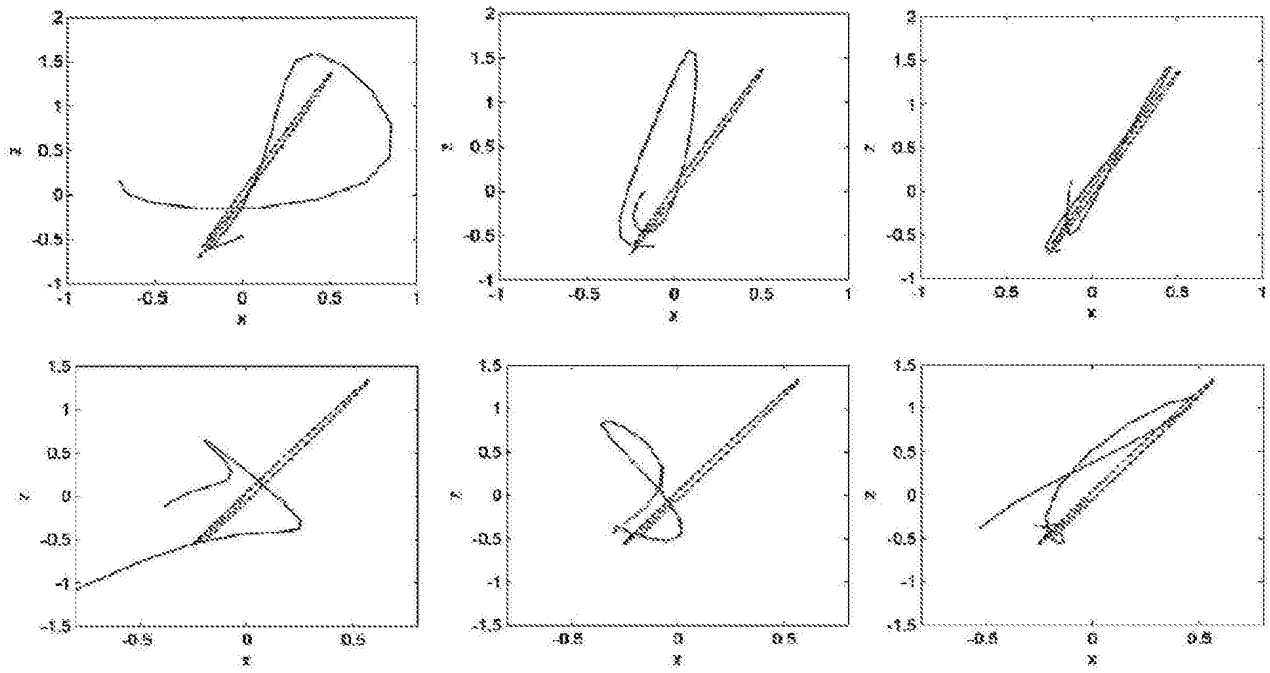


图6