



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111458750 B

(45) 授权公告日 2021.03.23

(21) 申请号 202010304455.8

(22) 申请日 2020.04.20

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111458750 A

(43) 申请公布日 2020.07.28

(73) 专利权人 中国科学院地球化学研究所
地址 550081 贵州省贵阳市观山湖区林城西路99号

(72) 发明人 汪超 王赟

(74) 专利代理机构 北京超凡宏宇专利代理事务所(特殊普通合伙) 11463
代理人 蒋姗

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

(56) 对比文件

CN 105701781 A, 2016.06.22

CN 101893719 A, 2010.11.24

CN 109164483 A, 2019.01.08

CN 108267784 A, 2018.07.10

US 2013194893 A1, 2013.08.01

陆文凯. 基于信号子空间分解的三维地震资料高分辨率处理方法.《地球物理学报》.2005,第48卷(第4期),全文.

审查员 荣扬名

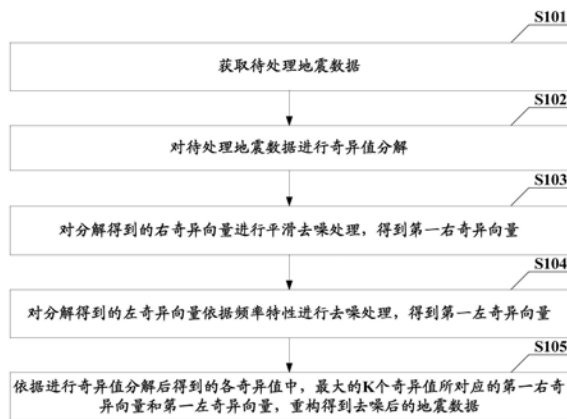
权利要求书3页 说明书14页 附图6页

(54) 发明名称

地震数据去噪方法及装置

(57) 摘要

本申请提供一种地震数据去噪方法及装置,该方法通过获取待处理地震数据,对待处理地震数据进行奇异值分解,并对分解得到的右奇异向量进行平滑去噪处理得到第一右奇异向量,对分解得到的左奇异向量依据频率特性进行去噪处理得到第一左奇异向量,最后依据进行奇异值分解后得到的各奇异值中,最大的K个奇异值所对应的第一右奇异向量和第一左奇异向量重构得到去噪后的地震数据。这样,由于对分解后的奇异向量中的右奇异向量以及左奇异向量进行了去噪,使得复杂低信噪比地震数据中的信号和噪声不依赖于奇异值的大小就实现了分离,对于噪声识别和压制不再主要依赖于K值的选取,重构后的地震数据中可以有效去除掉噪声。



1. 一种地震数据去噪方法,其特征在于,包括:

获取待处理地震数据;

对所述待处理地震数据进行奇异值分解,得到各奇异值,以及各奇异值对应的右奇异向量和左奇异向量;

对所述右奇异向量进行平滑去噪处理,得到第一右奇异向量;

对所述左奇异向量依据频率特性进行去噪处理,得到第一左奇异向量;

依据进行奇异值分解后得到的各奇异值中,最大的K个奇异值所对应的第一右奇异向量和第一左奇异向量,重构得到去噪后的地震数据;所述K为预设的正整数。

2. 如权利要求1所述的地震数据去噪方法,其特征在于,对所述右奇异向量进行平滑去噪处理,得到第一右奇异向量,包括:

获取所述右奇异向量中对应于椒盐噪声的噪声元素;

将所述噪声元素与其在所述右奇异向量中的相邻元素进行平滑处理,得到第二右奇异向量;

对所述第二右奇异向量进行平滑滤波处理,得到第一右奇异向量。

3. 如权利要求2所述的地震数据去噪方法,其特征在于,获取所述右奇异向量中对应于椒盐噪声的噪声元素,包括:

对右奇异向量进行保边缘中值滤波和保边缘均值滤波,得到第三右奇异向量;

计算所述右奇异向量和所述第三右奇异向量的差值,并对所述差值取绝对值,得到差值向量;

按照以下公式获取所述差值向量中的各元素的比较值 v_i :

$$v_i = \nabla v_i / \text{mean}(\nabla v_i)$$

式中: ∇v_i 表征差值向量中的第i个元素的值, $\text{mean}(\nabla v_i)$ 表征根据差值向量中的第i个元素的值及其相邻的m1个元素的值所对应的均值;所述m1为预设的大于0的整数;

若 v_i 大于预设第一门限值,确定所述右奇异向量中的第i个元素为对应于椒盐噪声的噪声元素。

4. 如权利要求3所述的地震数据去噪方法,其特征在于,将所述噪声元素与其在所述右奇异向量中的相邻元素进行平滑处理,得到第二右奇异向量,包括:

获取在所述右奇异向量中所述噪声元素的各相邻元素的值的均值;

使用所述均值在所述右奇异向量中替换所述噪声元素的值,得到所述第二右奇异向量。

5. 如权利要求2所述的地震数据去噪方法,其特征在于,对所述第二右奇异向量进行平滑滤波处理,得到第一右奇异向量,包括:

判断所述第二右奇异向量中是否含有断层;

若含有,以对所述第二右奇异向量进行保边缘均值滤波处理后得到的向量作为第一右奇异向量;

若不含有,以对所述第二右奇异向量进行均值平滑滤波处理后得到的向量作为第一右奇异向量。

6. 如权利要求5所述的地震数据去噪方法,其特征在于,判断所述第二右奇异向量中是

否含有断层,包括:

对所述第二右奇异向量进行保边缘均值滤波处理,得到第四右奇异向量;

求取所述第四右奇异向量中各相邻元素的差值,并对所述差值取绝对值,得到差序列向量;

按照以下公式获取所述差序列向量中的各元素的比较值 v'_i :

$$v'_i = \nabla v'_i / \text{mean}(\nabla v'_i)$$

式中: $\nabla v'_i$ 表征差序列向量中的第*i*个元素的值, $\text{mean}(\nabla v'_i)$ 表征根据差序列向量中的第*i*个元素的值及其相邻的*m*₂个元素的值所对应的均值;所述*m*₂为预设的大于0的整数;

若存在大于预设第二门限值的 v'_i ,确定所述第二右奇异向量中含有断层;

否则,确定所述第二右奇异向量中不含有断层。

7.如权利要求1所述的地震数据去噪方法,其特征在于,对所述左奇异向量依据频率特性进行去噪处理,得到第一左奇异向量,包括:

对左奇异向量进行带通滤波,得到第二左奇异向量;

对所述第二左奇异向量进行主频滤波,得到第一左奇异向量。

8.如权利要求1-7任一项所述的地震数据去噪方法,其特征在于,所述获取待处理地震数据包括:

获取时空域二维地震数据;

以所述时空域二维地震数据中的目标地震数据为中心,使用预设滤波窗从所述时空域二维地震数据中截取出与所述预设滤波窗大小一致的地震数据作为所述待处理地震数据;

其中,在使用预设滤波窗从所述时空域二维地震数据中截取出所述待处理地震数据时,所述预设滤波窗在空间方向的边与所述目标地震数据所在的地震同相轴的方向平行。

9.如权利要求8所述的地震数据去噪方法,其特征在于,以所述时空域二维地震数据中的目标地震数据为中心,使用预设滤波窗从所述时空域二维地震数据中截取出与所述预设滤波窗大小一致的地震数据作为所述待处理地震数据,包括:

以所述时空域二维地震数据中的目标地震数据为中心,按照预设的搜索角度,使用预设滤波窗从所述时空域二维地震数据中截取出各搜索角度对应的局部地震数据;

对各搜索角度对应的局部地震数据进行奇异值分解,得到各局部地震数据对应的最大奇异值 λ_{\max} ;

将各局部地震数据中 λ_{\max} 最大的局部地震数据作为所述待处理地震数据;或,将最大的 λ_{\max} 所对应的搜索角度作为所述目标地震数据所在的地震同相轴的方向,使用预设滤波窗沿该方向从所述时空域二维地震数据中截取出与所述预设滤波窗大小一致的地震数据作为所述待处理地震数据。

10.一种地震数据去噪装置,其特征在于,包括:获取模块、奇异值分解模块、去噪处理模块和数据重构模块;

所述获取模块,用于获取待处理地震数据;

所述奇异值分解模块,用于对所述待处理地震数据进行奇异值分解,得到各奇异值,以及各奇异值对应的右奇异向量和左奇异向量;

所述去噪处理模块,用于对所述右奇异向量进行平滑去噪处理,以及对所述左奇异向量依据频率特性进行去噪处理;

所述数据重构模块,用于依据最大的K个奇异值所对应的处理后的右奇异向量和左奇异向量,重构得到去噪后的地震数据;所述K为预设的正整数。

地震数据去噪方法及装置

技术领域

[0001] 本申请涉及地震数据处理技术领域,具体而言,涉及一种地震数据去噪方法及装置。

背景技术

[0002] 地震勘探采集的地震数据常常受到各种各样噪声的干扰,压制噪声以提高数据质量是地震数据处理流程中的一个必不可少的环节。

[0003] 矩阵降秩技术是地震数据去噪常采用的经典滤波技术。在有效地震信号组成的矩阵具有低秩特征而噪声会增加矩阵的秩的假设下,降秩滤波通过矩阵分解将地震数据矩阵分解为低秩的信号子空间和高秩的噪声子空间。矩阵降秩可在频率-空间域进行,如传统的Cadzow滤波和奇异谱分析方法,这两种方法通过截取多道频率切片组成汉克矩阵,再利用SVD(singular value decomposition,奇异值分解)技术进行矩阵降秩处理,它们可处理含有多个不同倾斜度同相轴的地震数据。降秩去噪也可以直接在时间-空间域进行。如局部SVD去噪方法即是将时间-空间域的二维大地震数据矩阵分割成小的局部数据矩阵,对每个小数据矩阵利用SVD进行降秩去噪。

[0004] 降秩滤波法至关重要是秩的选择,秩太小会损伤有效地震信号,秩太大会留下大量噪声。常规SVD降秩去噪法是根据奇异值的大小,选择值最大的前K个奇异值对应的成份重构矩阵。然而对于复杂的地震数据,K的选择是非常困难的,最优的K值是随地震信号的局部特征不断变化的,固定地选取一个较大的K会遗留下大量的噪声,而较小的K无法完整重构有效信号。此外,对于低信噪比地震数据,大的奇异值有时不一定对应有效信号,也有可能代表的是噪声,或者对应的成份中仍然包含大量的噪声。因而,常规SVD滤波法只根据奇异值大小难以有效地压制噪声,难以取得有效的去噪结果。

发明内容

[0005] 本申请实施例的目的在于提供一种地震数据去噪方法及装置,用以解决常规SVD滤波法只根据奇异值大小难以有效地压制噪声,难以取得有效的去噪结果的问题。

[0006] 本申请实施例提供了一种地震数据去噪方法,包括:获取待处理地震数据;对所述待处理地震数据进行奇异值分解,得到各奇异值,以及各奇异值对应的右奇异向量和左奇异向量;对所述右奇异向量进行平滑去噪处理,得到第一右奇异向量;对所述左奇异向量依据频率特性进行去噪处理,得到第一左奇异向量;依据进行奇异值分解后得到的各奇异值中,最大的K个奇异值所对应的第一右奇异向量和第一左奇异向量,重构得到去噪后的地震数据;所述K为预设的正整数。

[0007] 在上述实现过程中,通过对分解后的奇异向量中的右奇异向量以及左奇异向量进行去噪,得到去噪后的第一右奇异向量和第一左奇异向量,进而再选取值最大的K个奇异值所对应的第一右奇异向量和第一左奇异向量进行数据重构,即得到去噪后的地震数据。相较于常规SVD降秩去噪法而言,由于对分解后的奇异向量中的右奇异向量以及左奇异向量

进行了去噪,这就使得各奇异值对应的右奇异向量以及左奇异向量中的噪声信号都得以被压制,从而使得复杂低信噪比地震数据中的信号和噪声不依赖于奇异值的大小就实现了分离,对于噪声识别和压制不再主要依赖于K值的选取,重构后的地震数据中可以有效去除掉噪声。

[0008] 进一步地,对所述右奇异向量进行平滑去噪处理,得到第一右奇异向量,包括:获取所述右奇异向量中对应于椒盐噪声的噪声元素;将所述噪声元素与其在所述右奇异向量中的相邻元素进行平滑处理,得到第二右奇异向量;对所述第二右奇异向量进行平滑滤波处理,得到第一右奇异向量。

[0009] 对于地震数据矩阵,在进行奇异值分解后得到的奇异向量是具有明确的物理意义的。分解得到的每一个左奇异向量是一个归一化子波基,每一个左奇异向量对应的右奇异向量表示该子波基在每地震道上的相对能量分布,而对应的奇异值则表示该子波基在地震数据中的比重。

[0010] 由于右奇异向量是表示子波基在每道上的相对能量分布,而地震数据的特征是相邻地震道上的地震子波是相关的,能量是缓慢变化的,所以对应地震信号的右奇异向量,在地震数据不存在同相轴断层时应该是平稳渐变的,在地震数据存在同相轴断层时应该是分段平稳渐变的。而由于随机噪声在横向上(即地震道上)是不相关的,所以对应噪声信号的右奇异向量是非平稳随机变化的。

[0011] 在上述实现过程中,通过将右奇异向量中对应于椒盐噪声的噪声元素与其在右奇异向量中的相邻元素进行平滑处理,可以在去除掉右奇异向量中的噪声后,将右奇异向量平滑,使得右奇异向量能够符合地震信号的特征,从而使得重构后的地震数据更为可靠。

[0012] 进一步地,获取所述右奇异向量中对应于椒盐噪声的噪声元素,包括:对右奇异向量进行保边缘中值滤波和保边缘均值滤波,得到第三右奇异向量;计算所述右奇异向量和所述第三右奇异向量的差值,并对所述差值取绝对值,得到差值向量;按照以下公式获取所述差值向量中的各元素的比较值 v_i : $v_i = \nabla v_i / \text{mean}(\nabla v_i)$,式中: ∇v_i 表征差值向量中的第i个元素的值, $\text{mean}(\nabla v_i)$ 表征根据差值向量中的第i个元素的值及其相邻的m1个元素的值的对应的均值;所述m1为预设的大于0的整数;若 v_i 大于预设第一门限值,确定所述右奇异向量中的第i个元素为对应于椒盐噪声的噪声元素。

[0013] 勘探地震数据中常常会出现大量单道大振幅突变噪声。因此在对地震数据进行噪声去除时,去除掉地震数据中出现的单道大振幅突变噪声具有十分重要的意义。

[0014] 单道大振幅突变噪声是一种脉冲突变噪声,其在右奇异向量中的元素会反应为一个脉冲突变值。在上述实现过程中,若元素对应的为脉冲突变噪声,那么在差值向量中该元素的比较值 v_i 应当比较大,因此通过 v_i 和预设第一门限值,即可有效从右奇异向量中确定出脉冲突变值对应的元素,进而即可将元素与其在右奇异向量中的相邻元素进行平滑处理,实现对于脉冲突变噪声的去除。

[0015] 进一步地,将所述噪声元素与其在所述右奇异向量中的相邻元素进行平滑处理,得到第二右奇异向量,包括:获取在所述右奇异向量中所述噪声元素的各相邻元素的值的均值;使用所述均值在所述右奇异向量中替换所述噪声元素的值,得到所述第二右奇异向量。

[0016] 在上述实现过程中,使用均值来在右奇异向量中替换该噪声元素的值,从而可以使得该噪声元素与相邻元素平滑,进而使得右奇异向量能够符合地震信号的特征,使得重构后的地震数据更为可靠。

[0017] 进一步地,对所述第二右奇异向量进行平滑滤波处理,得到第一右奇异向量,包括:判断所述第二右奇异向量中是否含有断层;若含有,以对所述第二右奇异向量进行保边缘均值滤波处理后得到的向量作为第一右奇异向量;若不含有,以对所述第二右奇异向量进行均值平滑滤波处理后得到的向量作为第一右奇异向量。

[0018] 在实际应用过程中,地震数据中可能存在有同相轴断层。在存在有同相轴断层的情况下,若直接采用普遍的均值平滑滤波方式对第二右奇异向量进行平滑处理,那就可能导致地震数据中的信息丢失,从而导致重构得到的数据失真。在上述实现过程中,先判断第二右奇异向量中是否含有断层,进而在有断层时,采用保边缘均值滤波进行处理,从而保留地震数据中的断层信息;而在不含有断层时,则采用均值平滑滤波进行处理,提高平滑效果。

[0019] 进一步地,判断所述第二右奇异向量中是否含有断层,包括:对所述第二右奇异向量进行保边缘均值滤波处理,得到第四右奇异向量;求取所述第四右奇异向量中各相邻元素的差值,并对所述差值取绝对值,得到差序列向量;按照以下公式获取所述差序列向量中的各元素的比较值 v'_i : $v'_i = \nabla v'_i / \text{mean}(\nabla v'_i)$, 式中: $\nabla v'_i$ 表征差序列向量中的第*i*个元素的值, $\text{mean}(\nabla v'_i)$ 表征根据差序列向量中的第*i*个元素的值及其相邻的*m*2个元素的值的对应的均值;所述*m*2为预设的大于0的整数;若存在大于预设第二门限值的 v'_i ,确定所述第二右奇异向量中含有断层;否则,确定所述第二右奇异向量中不含有断层。

[0020] 在存在断层时,则在向量中应当会存在相邻两元素之间存在较大波动。在上述实现过程中,通过对第二右奇异向量进行保边缘均值滤波处理,然后求取第四右奇异向量中各相邻元素的差值,进而基于差序列向量中的各元素的比较值 v'_i 与预设第二门限值,即可有效判别出第二右奇异向量中不含有断层。

[0021] 进一步地,对所述左奇异向量依据频率特性进行去噪处理,得到第一左奇异向量,包括:对左奇异向量进行带通滤波,得到第二左奇异向量;对所述第二左奇异向量进行主频滤波,得到第一左奇异向量。

[0022] 左奇异向量是一系列子波基,对应于有效地震信号的左奇异向量也应与有效地震信号的子波的属性相近,比如左奇异向量的频带范围和主频范围都应有效地震信号的子波的频带范围和主频范围相近。在上述实现过程中,通过带通滤波和主频滤波,即可利用上述原理,有效筛选出左奇异向量中对应有效地震信号子波基,从而实现对左奇异向量的去噪。

[0023] 进一步地,所述获取待处理地震数据包括:获取时空域二维地震数据;以所述时空域二维地震数据中的目标地震数据为中心,使用预设滤波窗从所述时空域二维地震数据中截取与预设滤波窗大小一致的地震数据作为所述待处理地震数据;其中,在使用预设滤波窗从所述时空域二维地震数据中截取所述待处理地震数据时,所述预设滤波窗在空间方向的边与所述目标地震数据所在的地震同相轴的方向平行。

[0024] 在上述实现过程中,截取出的待处理地震数据的空间方向上与地震同相轴的方向

一致,从而便于对地震数据进行有效分析。

[0025] 进一步地,以所述时空域二维地震数据中的目标地震数据为中心,使用预设滤波窗从所述时空域二维地震数据中截取出与所述预设滤波窗大小一致的地震数据作为所述待处理地震数据,包括:以所述时空域二维地震数据中的目标地震数据为中心,按照预设的搜索角度,使用预设滤波窗从所述时空域二维地震数据中截取出各搜索角度对应的局部地震数据;对各搜索角度对应的局部地震数据进行奇异值分解,得到各局部地震数据对应的最大奇异值 λ_{\max} ;将各局部地震数据, λ_{\max} 最大的局部地震数据作为所述待处理地震数据;或,将最大的 λ_{\max} 所对应的搜索角度作为所述目标地震数据所在的地震同相轴的方向,使用预设滤波窗沿该方向从所述时空域二维地震数据中截取出与所述预设滤波窗大小一致的地震数据作为所述待处理地震数据。

[0026] 在上述实现过程中,通过给定一系列搜索角度,使用预设滤波窗从时空域二维地震数据中截取出各搜索角度对应的局部地震数据,进而对各搜索角度对应的局部地震数据进行奇异值分解,依据各局部地震数据所对应的最大奇异值 λ_{\max} ,确定出 λ_{\max} 最大的局部地震数据对应的同相轴方向作为最优的地震同相轴方向。这样得到的待处理地震数据相对最符合实际的地震同相轴方向所在的数据,从而便于对地震数据进行有效分析。

[0027] 本申请实施例还提供了一种地震数据去噪装置,包括:获取模块、奇异值分解模块、去噪处理模块和数据重构模块;所述获取模块,用于获取待处理地震数据;所述奇异值分解模块,用于对所述待处理地震数据进行奇异值分解,得到各奇异值,以及各奇异值对应的右奇异向量和左奇异向量;所述去噪处理模块,用于对所述右奇异向量进行平滑去噪处理,以及对所述左奇异向量依据频率特性进行去噪处理;所述数据重构模块,用于依据最大的K个奇异值所对应的处理后的右奇异向量和左奇异向量,重构得到去噪后的地震数据;所述K为预设的正整数。

[0028] 上述实现过程相较于常规SVD降秩去噪法而言,由于对分解后的奇异向量中的右奇异向量以及左奇异向量进行了去噪,使得各奇异值对应的右奇异向量以及左奇异向量中的噪声信号都得以被压制,从而使得复杂低信噪比地震数据中的信号和噪声不依赖于奇异值的大小就实现了分离,对于噪声识别和压制不再主要依赖于K值的选取,重构后的地震数据中可以有效去除掉噪声。

[0029] 本申请实施例还提供了一种去噪设备,包括处理器、存储器及通信总线;所述通信总线用于实现所述处理器和存储器之间的连接通信;所述处理器用于执行存储器中存储的一个或者多个程序,以实现上述任一种的地震数据去噪方法。

[0030] 本申请实施例中还提供了一种可读存储介质,所述可读存储介质存储有一个或者多个程序,所述一个或者多个程序可被一个或者多个处理器执行,以实现上述任一种的地震数据去噪方法。

附图说明

[0031] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案,下面将对本申请实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本申请的某些实施例,因此不应被看作是对范围的限定,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

- [0032] 图1为本申请实施例提供的一种地震数据去噪方法的基本流程示意图；
- [0033] 图2为本申请实施例提供的一种具体的地震数据去噪方法的流程示意图；
- [0034] 图3为本申请实施例提供的一种实际的时空域地震数据图像；
- [0035] 图4为本申请实施例提供的一种采用本申请实施例所提供的地震数据去噪方法对图3进行去噪处理后得到结果图；
- [0036] 图5为本申请实施例提供的采用常规SVD降秩去噪法对图3进行去噪处理后得到结果图；
- [0037] 图6为本申请实施例提供的一种地震数据去噪装置的结构示意图；
- [0038] 图7为本申请实施例提供的一种去噪设备的结构示意图。

具体实施方式

[0039] 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描述。

[0040] 实施例一:

[0041] 为了更好地对本申请实施例的方案进行介绍,在此首先对常规SVD降秩去噪法进行介绍。

[0042] 对常规SVD降秩去噪法是基于二维地震数据具有良好的空间相关性的特征,通过对待处理地震数据进行奇异值分解,从而将待处理地震数据分解为一系列的左奇异向量、右奇异向量和奇异值。通常大奇异值对应的左奇异向量和右奇异向量主要代表有效信号,而小奇异值对应的左奇异向量和右奇异向量主要代表噪声,从而选择值最大的前K个奇异值对应的左奇异向量和右奇异向量来重构得到有效地震信号。然而对于复杂地震数据,K的选择是非常困难的,最优的K值是随地震信号的局部特征不断变化的,固定地选取一个较大的K会遗留下大量的噪声,而较小的K无法完整重构有效信号。而且对于低信噪比地震数据,大奇异值对应的左奇异向量和右奇异向量中也有可能存在大量噪声。因而常规SVD降秩去噪法难以有效地压制噪声。

[0043] 为此,本申请实施例中提供了一种地震数据去噪方法,参见图1所示,包括:

[0044] S101:获取待处理地震数据。

[0045] 在本申请实施例中,地震数据可以采用时空域的二维地震数据。本申请实施例中地震数据可以通过矩阵的形式被处理,本文中的所有地震数据均可被理解为矩阵数据。

[0046] 需要说明的是,所谓时空域的二维地震数据是指,利用时间和空间(地震道)对地震信号进行展现的数据,例如参见图3所示,图3即为时空域的二维地震数据矩阵所反映出的图像,其横轴反映空间信息(地震道),纵轴反映时间信息。

[0047] 在实际应用过程中,为了提高地震数据的去噪处理的可靠性,通常不会针对整个时空域二维地震数据进行整体性去噪处理,而是会不断从整个时空域二维地震数据截取一个个局部地震数据,从而各局部地震数据进行去噪处理。在本申请实施例中,可以将各局部地震数据作为待处理地震数据进行去噪处理。

[0048] 在本申请实施例中,可以逐道逐时段对时空域二维地震数据进行待处理地震数据的截取,在对所有待处理地震数据按照本申请实施例的方案处理完毕后,即可实现对于整个时空域二维地震数据的去噪处理。

[0049] 示例性的,可以预设一个滤波窗,以时空域二维地震数据中的目标地震数据为中

心,使用预设滤波窗从时空域二维地震数据中截取出与预设滤波窗大小一致的地震数据作为待处理地震数据。

[0050] 需要理解的是,时空域二维地震数据可以是由用户通过诸如地震探测器等勘测设备收集得到的数据。而目标地震数据可以为当前在时空域二维地震数据矩阵中指定的,对应于某一地震道的矩阵元素中的某一个或某一段元素。预设滤波窗在时空域二维地震数据矩阵中,以该目标地震数据为中心,截取得到与预设滤波窗大小一致的地震数据。

[0051] 在本申请实施例中,待处理地震数据应当尽可能与所在区域的同相轴方向相同,使得待处理地震数据各地震道上的数据相关性更高,从而得以有效去除掉地震数据中的噪声。也即在使用预设滤波窗从时空域二维地震数据中截取出待处理地震数据时,预设滤波窗在空间方向的边与目标地震数据所在的地震同相轴的方向应当尽可能平行。

[0052] 应当理解的是,在获取待处理地震数据时,同相轴方向实际是不清楚的。那么为了得到与所在区域的地震同相轴的方向相同的待处理地震数据,在本申请实施例的一种可行实施方式中,可以按照以下方式进行待处理地震数据的获取:

[0053] 首先,以时空域二维地震数据中的目标地震数据为中心,按照预设的搜索角度,使用预设滤波窗从时空域二维地震数据中截取出各搜索角度对应的局部地震数据;

[0054] 接着,对各搜索角度对应的局部地震数据进行奇异值分解,得到各局部地震数据对应的最大奇异值 λ_{\max} ;

[0055] 最后,将各局部地震数据, λ_{\max} 最大的局部地震数据作为待处理地震数据;或者,将最大的 λ_{\max} 所对应的搜索角度作为目标地震数据所在的地震同相轴的方向,使用预设滤波窗沿该方向从时空域二维地震数据中截取出与预设滤波窗大小一致的地震数据作为待处理地震数据。

[0056] 在本可行实施方式中,搜索角度可以是直接给出的,例如直接给定搜索角度包括0采样点数每道、5采样点数每道、10采样点数每道、15采样点数每道、20采样点数每道...,此时即可按照给定的搜索角度在0采样点数每道、5采样点数每道、10采样点数每道、15采样点数每道、20采样点数每道...方向进行搜索,得到各搜索角度对应的局部地震数据。

[0057] 此外,搜索角度也可以是间接给出的,例如可以设定最大倾斜角度 θ_{\max} 与最小倾斜角度 θ_{\min} ,并设定倾斜角度搜索间隔 $d\theta$,从而基于 $d\theta$ 确定出在 θ_{\min} 与 θ_{\max} 之间的各搜索角度。

[0058] 需要理解的是,上述可行实施方式仅是本申请实施例中所示例的一种可以从时空域二维地震数据中截取出与所在区域的同相轴方向相同待处理地震数据的可行方式,不代表本申请实施例中仅可采用该方式实现。

[0059] S102:对待处理地震数据进行奇异值分解。

[0060] 在本申请实施例中,可以依据公式 $S = \sum_k^R U_k \lambda_k V_k^T$ 对待处理地震数据的矩阵S进行奇异值分解,得到各奇异值,以及各奇异值对应的右奇异向量和左奇异向量。式中, U_k 为第k个左奇异向量, V_k 为第k个右奇异向量, λ_k 为第k个奇异值,T为向量转置算子,R为待处理地震数据矩阵S的秩, $\sum_k^R U_k \lambda_k V_k^T$ 表征 $U_1 \lambda_1 V_1^T$ 、 $U_2 \lambda_2 V_2^T$ 、...、以及 $U_R \lambda_R V_R^T$ 之和。

[0061] S103:对分解得到的右奇异向量进行平滑去噪处理,得到第一右奇异向量。

[0062] 需要说明的是,对于地震数据矩阵,在进行奇异值分解后得到的奇异向量是具有明确的物理意义的。分解得到的每一个左奇异向量是一个归一化子波基,每一个左奇异向

量对应的右奇异向量表示该子波基在每地震道上的相对能量分布,而对应的奇异值则表示该子波基在地震数据中的比重。

[0063] 由于右奇异向量是表示子波基在每道上的相对能量分布,而地震数据的特征是相邻地震道上的地震子波是相关的,能量是缓慢变化的,所以对应地震信号的右奇异向量,在地震数据不存在同相轴断层时应该是平稳渐变的,在地震数据存在同相轴断层时应该是分段平稳渐变的。

[0064] 在本申请实施例中,可以直接通过诸如均值平滑滤波等操作对右奇异向量进行平滑去噪处理,从而使得处理后得到的第一右奇异向量能够符合地震信号所具有的平稳渐变的特征。但是考虑到右奇异向量可能存在有对应脉冲突变值的椒盐信号,因此不去除右奇异向量中的椒盐信号就直接进行均值平滑滤波等操作,就很可能导致得到的第一右奇异向量与实际地震信号所对应的右奇异向量存在较大偏差。

[0065] 为此,在本申请实施例中,可以先获取右奇异向量中对应于椒盐噪声的噪声元素,进而将该噪声元素与其在右奇异向量中的相邻元素进行平滑处理,从而得到去除掉椒盐噪声干扰的第二右奇异向量。进而对第二右奇异向量进行平滑滤波处理,即可得到符合地震信号能量变化规律的第一右奇异向量。

[0066] 而由于椒盐噪声是一种脉冲噪声,其在右奇异向量对应的元素的值会是一个脉冲突变值,在将对应于椒盐噪声的噪声元素与其在右奇异向量中的相邻元素进行平滑处理后,即可使得平滑滤波处理后的第一右奇异向量各元素值更贴合于实际地震信号,减少了脉冲突变值对于平滑滤波处理过程的影响,使得得到的第一右奇异向量更符合实际需要。而前段所述的方案,由于第二右奇异向量去除了椒盐噪声的干扰,对第二右奇异向量进行平滑滤波处理,即可使得得到的第一右奇异向量更符合实际需要。

[0067] 在本申请实施例中,椒盐噪声包括但不限于单道大振幅突变噪声。

[0068] 在本申请实施例的一种可行实施方式中,可以按照以下方式获取得到右奇异向量中对应于单道大振幅突变噪声的元素:

[0069] 首先,可以对右奇异向量进行保边缘中值滤波和保边缘均值滤波,得到第三右奇异向量。

[0070] 然后,计算右奇异向量和第三右奇异向量的差值,并对差值取绝对值,得到差值向量。

[0071] 接着,可以按照以下公式获取差值向量中的各元素的比较值 v_i :

$$[0072] \quad v_i = \nabla v_i / \text{mean}(\nabla v_i)$$

[0073] 式中: ∇v_i 表征差值向量中的第*i*个元素的值, $\text{mean}(\nabla v_i)$ 表征根据差值向量中的第*i*个元素的值及其相邻的*m1*个元素的值的对应的均值(例如,*m1*为3, $\text{mean}(\nabla v_i)$ 即等于 $(\nabla v_{i-1} + \nabla v_i + \nabla v_{i+1}) / 3$)。

[0074] 需要说明的是,*m1*为预设的大于0的整数,其值可以由工程师根据实际需要进行设置。

[0075] 最后,若发现 v_i 大于预设第一门限值,即确定右奇异向量中的第*i*个元素为对应于椒盐噪声的噪声元素。

[0076] 通过保边缘中值滤波和保边缘均值滤波后,可以得到相对比较平滑的第三右奇异

向量。但需要注意的是,由于右奇异向量可能存在有对应脉冲突变值的单道大振幅突变噪声,因此虽然第三右奇异向量可以达到相对平滑的效果,并在一定程度上去除了噪声,但是其与实际地震信号对应的数据可能存在较大偏差。在本申请实施例中,通过计算右奇异向量和第三右奇异向量的差值,并对差值取绝对值,即可通过差值向量中各元素的值体现右奇异向量和第三右奇异向量中各元素之间的变化量。进而通过差值向量中各元素与其相对应的均值的比值,即可反映出该元素是否属于突变值(若某一元素的值与基于其相邻的 m_1 个元素对应的均值差距较大,则其对应的 v_i 即会较大),据此通过将 v_i 与预设第一门限值比较即可确定出对应单道大振幅突变噪声的元素。

[0077] 需要说明的是,第一门限值可由工程师根据实际需要进行设置。

[0078] 还需要说明的是,在实际应用过程中,地震数据中可能存在有同相轴断层。在存在有同相轴断层的情况下,若直接采用普遍的均值平滑滤波方式对第二右奇异向量进行平滑处理,那就可能导致地震数据中的信息丢失,从而导致重构得到的数据失真。因此,在本申请实施例中,可以先判断第二右奇异向量中是否含有断层,进而在含有断层时,采用保边缘均值滤波进行处理,从而保留地震数据中的断层信息;而在不含有断层时,则采用均值平滑滤波进行处理,提高平滑效果。

[0079] 需要理解的是,在本申请实施例中的一种可行实施方式中,可以按照以下方式判断第二右奇异向量中是否含有断层:

[0080] 首先,对第二右奇异向量进行保边缘均值滤波处理,得到第四右奇异向量。

[0081] 接着,求取第四右奇异向量中各相邻元素的差值,并对差值取绝对值,得到差序列向量。

[0082] 然后,按照以下公式获取差序列向量中的各元素的比较值 v'_i :

$$[0083] \quad v'_i = \nabla v'_i / \text{mean}(\nabla v'_i)$$

[0084] 式中: $\nabla v'_i$ 表征差序列向量中的第 i 个元素的值, $\text{mean}(\nabla v'_i)$ 表征根据差序列向量中的第 i 个元素的值及其相邻的 m_2 个元素的值的对应的均值(例如, m_2 为3, $\text{mean}(\nabla v'_i)$ 即等于 $(\nabla v'_{i-1} + \nabla v'_i + \nabla v'_{i+1}) / 3$)。

[0085] 需要说明的是, m_2 为预设的大于0的整数,其值可以由工程师根据实际需要进行设置。

[0086] 最后,若存在大于预设第二门限值的 v'_i ,确定第二右奇异向量中含有断层;否则,确定第二右奇异向量中不含有断层。

[0087] 需要说明的是,若右奇异向量中含有断层,右奇异向量中必然存在有至少一个相邻位置处的两个元素之间的变化量较其余相邻位置处的两个元素之间的变化量更大。据此,上述可行实施方式中,通过求取第四右奇异向量中各相邻元素的差值,进而基于差序列向量中的各元素与其对应的均值确定各元素的比较值 v'_i ,若存在断层,那么差序列向量中的至少一个元素应当远大于与其周边相邻的元素的值。因此通过各元素的比较值 v'_i 以及预设的第二门限值即可准确判断出第二右奇异向量中是否含有断层。

[0088] 还需要说明的是,第二门限值可以由工程师根据经验或大量实验值进行设置。

[0089] 需要理解的是,上述实施方式中,若确定第二右奇异向量中含有断层,则可以直接以第四右奇异向量作为第一右奇异向量,从而减少重复运算的运算量。当然,也可以在确定

第二右奇异向量中含有断层后,再重新对第二右奇异向量进行保边缘均值滤波处理,得到第一右奇异向量。

[0090] 还需要理解的是,上述实施方式仅是本申请实施例中所示例的一种可行的断层判断方式,但本申请实施例中也可以采用其余方式来实现对于是否含有断层的判断,本申请实施例中不做限制。

[0091] S104:对分解得到的左奇异向量依据频率特性进行去噪处理,得到第一左奇异向量。

[0092] 由于左奇异向量是一系列子波基,对应于有效地震信号的左奇异向量也应与有效地震信号子波属性相近,比如左奇异向量的频带范围和主频范围都与有效地震信号子波的频带范围和主频范围相近。

[0093] 因此,在本申请实施例的一种可行实施方式中,可以对左奇异向量进行带通滤波,得到第二左奇异向量,并对第二左奇异向量进行主频滤波,得到第一左奇异向量,从而实现对于左奇异向量的去噪。

[0094] 应当理解的是,在上述可行实施方式中,可以根据实际地震数据中有效地震信号的主频属性,给定一个主频滤波的主频范围,从而当左奇异向量的主频在给定的主频范围之内时,保持左奇异向量的元素不变,否则将该左奇异向量的所有元素置零。

[0095] 还需要说明的是,本申请实施例中,步骤S103和S104之间不存在时序限定。即可以先执行步骤S103再执行步骤S104,也可以是先执行步骤S104再执行步骤S103,也可以是同时执行步骤S103和S104。

[0096] S105:依据进行奇异值分解后得到的各奇异值中,最大的K个奇异值所对应的第一右奇异向量和第一左奇异向量,重构得到去噪后的地震数据。

[0097] 在本申请实施例中,可以依据公式 $S'' = \sum_k^K U_k'' \lambda_k V_k''^T$ 进行重构,得到去噪后的地震数据。式中, λ_k 为进行奇异值分解后得到的各奇异值中,值最大的K个奇异值中的第k个奇异值; U_k'' 为第k个奇异值对应的第一左奇异向量; V_k'' 为第k个奇异值对应的第一右奇异向量;为T为向量转置算子; $\sum_k^K U_k'' \lambda_k V_k''^T$ 表征 $U_1'' \lambda_1 V_1''^T$ 、 $U_2'' \lambda_2 V_2''^T$ 、...、以及 $U_K'' \lambda_K V_K''^T$ 之和。

[0098] 其中,K为预设的正整数,K的具体取值可以由工程师进行设定。在本申请实施例中,由于对左奇异向量和右奇异向量进行了去噪处理,因此相较于常规SVD降秩去噪法而言,K的选择不再至关重要,也即K值对去噪结果的影响不再特别灵敏。在本申请实施例中,可以设定一个较常规SVD降秩去噪法所选用的K值而言更大的K值,从而可以在保证有效地震信号得到精确地重构的情况下,而又不会引入噪声。

[0099] 本申请实施例所提供的地震数据去噪方法,通过对分解后的奇异向量中的右奇异向量以及左奇异向量进行去噪,得到去噪后的第一右奇异向量和第一左奇异向量,进而再选取值最大的K个奇异值所对应的第一右奇异向量和第一左奇异向量进行数据重构,即得到去噪后的地震数据。相较于常规SVD降秩去噪法而言,由于对分解后的奇异向量中的右奇异向量以及左奇异向量进行了去噪,这就使得各奇异值对应的右奇异向量以及左奇异向量中的噪声信号都得以被压制,从而使得复杂低信噪比地震数据中的信号和噪声不依赖于奇异值的大小就实现了分离,对于噪声识别和压制不再主要依赖于K值的选取,重构后的地震

数据中可以有效去除掉噪声。

[0100] 实施例二：

[0101] 本实施例在实施例一的基础上，以一种具体的去噪过程对本申请实施例的方案进行示例说明。

[0102] 给定滤波时-空窗（即预设滤波窗）在时间方向的长度N（时间采样点数）和空间方向的宽度D（道数），并给定地震同相轴倾斜角度搜索范围的最大倾斜角度 θ_{max} 与最小倾斜角度 θ_{min} （单位为：采样点数每道），以及倾斜角度搜索间隔 $d\theta$ 。

[0103] 根据最大搜索角度 θ_{max} 、最小搜索角度 θ_{min} 和倾斜角度搜索间隔 $d\theta$ ，需要搜索的倾斜角度的个数为 $M = \left\lceil \frac{\theta_{max} - \theta_{min}}{d\theta} \right\rceil$ ，其中 $\left\lceil \frac{\theta_{max} - \theta_{min}}{d\theta} \right\rceil$ 表征 $(\frac{\theta_{max} - \theta_{min}}{d\theta})$ 向上取整。每个搜索角度即为： $\theta_i = \theta_{min} + i \times d\theta$ ， i 取值为0到M。

[0104] 然后读入需处理的时空域二维地震数据，逐道逐时段的按照图2所示的方式对地震数据进行处理。

[0105] S201：对M个需扫描的倾斜角度中每个搜索角度 θ_i ，都依据当前设定的滤波时-空窗对应的在时空域二维地震数据中以目标数据为中心，截取一个局部地震数据。

[0106] S202：对截取的M个局部地震数据都做奇异值分解，并记录下各局部地震数据对应的最大奇异值 λ_{max} ，取这M个 λ_{max} 中值最大的 λ_{max} 对应的倾斜角度作为滤波时-空窗当前所对应的时段的地震数据所在地震同相轴的最优局部同相轴倾斜方向。

[0107] 需要说明的是，本申请实施例中时空域二维地震数据可以是叠前数据，也可以时叠后数据。叠前数据按道集进行读取，每次读入一个道集，如一个共炮点道集、共检波点道集、共中心点道集等。叠后数据每次读入一个地震剖面。一个大的地震道集或地震剖面中通常包含各种复杂的地震同相轴结构，为了更好地去噪，本申请实施例采用时-空滤波窗逐一从读入的时空域二维地震数据中截取局部地震数据进行去噪处理，时空滤波窗的大小为N（时间采样点数）*D（道数），N和D通常取为奇正整数。

[0108] S203：以当前设定的滤波时-空窗对应的在时空域二维地震数据中的目标地震数据为中心，按照最优局部同相轴倾斜方向截取得到待处理地震数据S，并对S进行奇异值分解。

[0109] 可以依据公式 $S = \sum_k^R U_k \lambda_k V_k^T$ 对待处理地震数据S进行奇异值分解。式中， U_k 为第k个左奇异向量， V_k 为第k个右奇异向量， λ_k 为第k个奇异值，T为向量转置算子，R为待处理地震数据矩阵S的秩， $\sum_k^R U_k \lambda_k V_k^T$ 表征 $U_1 \lambda_1 V_1^T$ 、 $U_2 \lambda_2 V_2^T$ 、 \dots 、以及 $U_R \lambda_R V_R^T$ 之和。

[0110] S204：对分解得到的右奇异向量 V_k 先后进行保边缘中值滤波和保边缘均值滤波，得到第三右奇异向量 $V_k\%$ ：

[0111] $V_k\% = \text{EPSF}(\text{EPMF}(V_k))$ ，式中，EPMF表示保边缘中值滤波算子，EPSF表示保边缘均值滤波算子。

[0112] S205：计算右奇异向量 V_k 和第三右奇异向量 $V_k\%$ 的差值，并对差值取绝对值，得到差值向量 ∇V_k 。

[0113] $\nabla V_k = \text{abs}(V_k - V_k\%)$ ，式中abs为绝对值算子。

[0114] S206：获取差值向量中的各元素的比较值 v_i 。

[0115] $v_i = \nabla v_i / \text{mean}(\nabla v_i)$, 式中: ∇v_i 表征差值向量 ∇V_k 中的第 i 个元素的值, $\text{mean}(\nabla v_i)$ 表征根据差值向量 ∇V_k 中的第 i 个元素的值及其相邻的 $m1$ 个元素的值求得的均值。

[0116] S207: 如果某一 v_i 大于给定的门限值 α , 则表示右奇异向量 V_k 中相应位置处的元素 v_{ki} 是一个脉冲突变值, 对应于单道大振幅突变噪声, 将右奇异向量 V_k 中的该元素 v_{ki} 用相邻元素的均值代替。对 V_k 中所有对应于单道大振幅突变噪声的元素处理完毕后, 得到第二奇异向量 V'_k 。

[0117]
$$v_{ki} = \begin{cases} (v_{ki-1} + v_{ki+1}) / 2 & \text{if } v_i > \alpha \\ v_{ki} & \text{else} \end{cases}$$
, 该等式表征: 如果 $v_i > \alpha$, v_{ki} 等于

$(v_{ki-1} + v_{ki+1}) / 2$, 否则 v_{ki} 值不变。 v_{ki-1} 为右奇异向量 V_k 中元素 v_{ki} 的前一个元素, v_{ki+1} 为右奇异向量 V_k 中元素 v_{ki} 的后一个元素。

[0118] S208: 对第二右奇异向量 V'_k 进行保边缘均值滤波处理, 得到第四右奇异向量 $V'_k\%$ 。

[0119] $V'_k\% = \text{EPSF}(V'_k)$ 。

[0120] S209: 求取第四右奇异向量 $V'_k\%$ 中各相邻元素的差值, 并对差值取绝对值, 得到差序列向量 $\nabla V'_k$ 。

[0121] S210: 获取差序列向量 $\nabla V'_k$ 中的各元素的比较值 v'_i 。

[0122] $v'_i = \nabla v'_i / \text{mean}(\nabla v'_i)$, 式中: $\nabla v'_i$ 表征差序列向量中的第 i 个元素的值, $\text{mean}(\nabla v'_i)$ 表征根据差序列向量中的第 i 个元素的值及其相邻的 $m2$ 个元素的值的对应的均值。

[0123] S211: 如果存在大于预设第二门限值的 v'_i , 确定第二右奇异向量中含有断层, 对第二右奇异向量 V'_k 进行保边缘均值滤波处理: $V''_k = \text{EPSF}(V'_k)$; 否则, 确定第二右奇异向量中不含有断层, 对第二右奇异向量 V'_k 进行保边缘均值滤波处理: $V''_k = \text{SF}(V'_k)$ 。

[0124] SF 为均值平滑滤波算子, V''_k 为第一右奇异向量。

[0125] S212: 对左奇异向量进行带通滤波和主频滤波。

[0126] $U''_k = \text{MFF}(\text{BPF}(U_k))$, 式中: BPF 为带通滤波算子, MFF 为主频滤波算子, U''_k 为第一左奇异向量。

[0127] S213: 取进行奇异值分解后得到的各奇异值中, 值最大的 K 个奇异值所对应的第一右奇异向量和第一左奇异向量, 重构得到去噪后的地震数据。

[0128] $S'' = \sum_{k=1}^K U''_k \lambda_k V''_k{}^T$, 式中, λ_k 为进行奇异值分解后得到的各奇异值中, 值最大的 K 个奇异值中的第 k 个奇异值; U''_k 为第 k 个奇异值对应的第一左奇异向量; V''_k 为第 k 个奇异值对应的第一右奇异向量; T 为向量转置算子。

[0129] 参见图3所示, 图3显示了一个实际的时空域地震数据, 其中随机噪声较大, 并且含有大振幅的单道突变噪声和面波相干噪声。

[0130] 通过前述方式对图3所示的时空域地震数据进行去噪处理后, 可得图4所示的结果。同时参见图5所示的图片, 图5为采用常规SVD降秩去噪法对图3进行去噪处理后得到结

果。对比图4和图5可见,常规SVD降秩去噪法难以去除大振幅单道突变噪声,且在去除噪声的同时对弱有效地震信也损伤较大。另外常规SVD降秩去噪法虽然可以去除大部分面波相干噪声,但仍有很多面波噪声未被去除。而采用本申请实施例所提供的方案,通过搜索地震同相轴的最优局部同相轴倾斜方向,从而使得面波相干噪声得以去除的比较干净,同时对于随机噪声和大振幅单道突变噪声也可以去除的很干净,并且弱地震有效信号也可以被恢复出来。

[0131] 实施例三:

[0132] 基于同一发明构思,本申请实施例中还提供了一种地震数据去噪装置100。请参阅图6所示,图6示出了采用图1所示的方法所执行的步骤一对应的地震数据去噪装置。应理解,装置100具体的功能可以参见上文中的描述,为避免重复,此处适当省略详细描述。装置100包括至少一个能以软件或固件的形式存储于存储器中或固化在装置100的操作系统中的软件功能模块。具体地:

[0133] 参见图6所示,装置100包括:获取模块101、奇异值分解模块102、去噪处理模块103和数据重构模块104。其中:

[0134] 该获取模块101用于获取待处理地震数据;

[0135] 该奇异值分解模块102用于对该待处理地震数据进行奇异值分解,得到各奇异值,以及各奇异值对应的右奇异向量和左奇异向量;

[0136] 该去噪处理模块103用于对所述右奇异向量进行平滑去噪处理,以及对所述左奇异向量依据频率特性进行去噪处理;

[0137] 该数据重构模块104用于依据最大的K个奇异值所对应的处理后的右奇异向量和左奇异向量,重构得到去噪后的地震数据;该K为预设的正整数。

[0138] 在本申请实施例中,去噪处理模块103具体用于获取该右奇异向量中对应于椒盐噪声的噪声元素;将该噪声元素与其在该右奇异向量中的相邻元素进行平滑处理,得到第二右奇异向量;对该第二右奇异向量进行平滑滤波处理,得到第一右奇异向量。

[0139] 在本申请实施例的一种可行实施方式中,去噪处理模块103具体用于对右奇异向量进行保边缘中值滤波和保边缘均值滤波,得到第三右奇异向量;计算该右奇异向量和该第三右奇异向量的差值,并对该差值取绝对值,得到差值向量;按照以下公式获取该差值向量中的各元素的比较值 v_i : $v_i = \nabla v_i / \text{mean}(\nabla v_i)$,式中: ∇v_i 表征差值向量中的第i个元素的值, $\text{mean}(\nabla v_i)$ 表征根据差值向量中的第i个元素的值及其相邻的m1个元素的值的对应的均值;该m1为预设的大于0的整数;若 v_i 大于预设第一门限值,确定该右奇异向量中的第i个元素为对应于椒盐噪声的噪声元素。

[0140] 在上述可行实施方式中,去噪处理模块103具体用于获取在该右奇异向量中该噪声元素的各相邻元素的值的均值;使用该均值在该右奇异向量中替换该噪声元素的值,得到该第二右奇异向量。

[0141] 在本申请实施例的一种可行实施方式中,去噪处理模块103具体用于判断该第二右奇异向量中是否含有断层;若含有,以对该第二右奇异向量进行保边缘均值滤波处理后得到的向量作为第一右奇异向量;若不含有,以对该第二右奇异向量进行均值平滑滤波处理后得到的向量作为第一右奇异向量。

[0142] 在上述可行实施方式中,去噪处理模块103具体用于对该第二右奇异向量进行保边缘均值滤波处理,得到第四右奇异向量;求取该第四右奇异向量中各相邻元素的差值,并对该差值取绝对值,得到差序列向量;按照以下公式获取该差序列向量中的各元素的比较值 v'_i : $v'_i = \nabla v'_i / \text{mean}(\nabla v'_i)$,式中: $\nabla v'_i$ 表征差序列向量中的第i个元素的值, $\text{mean}(\nabla v'_i)$ 表征根据差序列向量中的第i个元素的值及其相邻的m2个元素的值的对应的均值;该m2为预设的大于0的整数;若存在大于预设第二门限值的 v'_i ,确定该第二右奇异向量中含有断层;否则,确定该第二右奇异向量中不含有断层。

[0143] 在本申请实施例中,去噪处理模块103具体用于对左奇异向量进行带通滤波,得到第二左奇异向量;对该第二左奇异向量进行主频滤波,得到第一左奇异向量。

[0144] 在本申请实施例中,获取模块101具体用于获取时空域二维地震数据;以该时空域二维地震数据中的目标地震数据为中心,使用预设滤波窗从该时空域二维地震数据中截取出与该预设滤波窗大小一致的地震数据作为该待处理地震数据;其中,在使用预设滤波窗从该时空域二维地震数据中截取出该待处理地震数据时,该预设滤波窗在空间方向的边与该目标地震数据所在的地震同相轴的方向平行。

[0145] 在本申请实施例中,获取模块101具体用于以该时空域二维地震数据中的目标地震数据为中心,按照预设的搜索角度,使用预设滤波窗从该时空域二维地震数据中截取出各搜索角度对应的局部地震数据;对各搜索角度对应的局部地震数据进行奇异值分解,得到各局部地震数据对应的最大奇异值 λ_{\max} ;将各局部地震数据, λ_{\max} 最大的局部地震数据作为该待处理地震数据;或,将最大的 λ_{\max} 所对应的搜索角度作为该目标地震数据所在的地震同相轴的方向,使用预设滤波窗沿该方向从该时空域二维地震数据中截取出与该预设滤波窗大小一致的地震数据作为该待处理地震数据。

[0146] 需要理解的是,出于描述简洁的考量,部分实施例一中描述过的内容在本实施例中不再赘述,其实施过程可以参考实施例一中的描述。

[0147] 实施例四:

[0148] 本实施例提供了一种去噪设备,参见图7所示,其包括处理器701、存储器702以及通信总线703。其中:

[0149] 通信总线703用于实现处理器701和存储器702之间的连接通信。

[0150] 处理器701用于执行存储器702中存储的一个或多个程序,以实现上述实施例一和/或实施例二所述的地震数据去噪方法。

[0151] 可以理解,图7所示的结构仅为去噪设备的一种可行示意,去噪设备还可包括比图7中所示更多或者更少的组件,或者具有与图7所示不同的配置。例如,去噪设备还可以具有数据输入输出组件、显示器等部件。

[0152] 本实施例还提供了一种可读存储介质,如软盘、光盘、硬盘、闪存、U盘、SD(Secure Digital Memory Card,安全数码卡)卡、MMC(Multimedia Card,多媒体卡)卡等,在该可读存储介质中存储有实现上述各个步骤的一个或者多个程序,这一个或者多个程序可被一个或者多个处理器执行,以实现上述实施例一和/或实施例二所述的地震数据去噪方法。在此不再赘述。

[0153] 在本申请所提供的实施例中,应该理解到,所揭露装置和方法,可以通过其它的方

式实现。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,又例如,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通信接口,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。

[0154] 另外,作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0155] 再者,在本申请各个实施例中的各功能模块可以集成在一起形成一个独立的部分,也可以是各个模块单独存在,也可以两个或两个以上模块集成形成一个独立的部分。

[0156] 在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。

[0157] 在本文中,多个是指两个或两个以上。

[0158] 以上所述仅为本申请的实施例而已,并不用于限制本申请的保护范围,对于本领域的技术人员来说,本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。

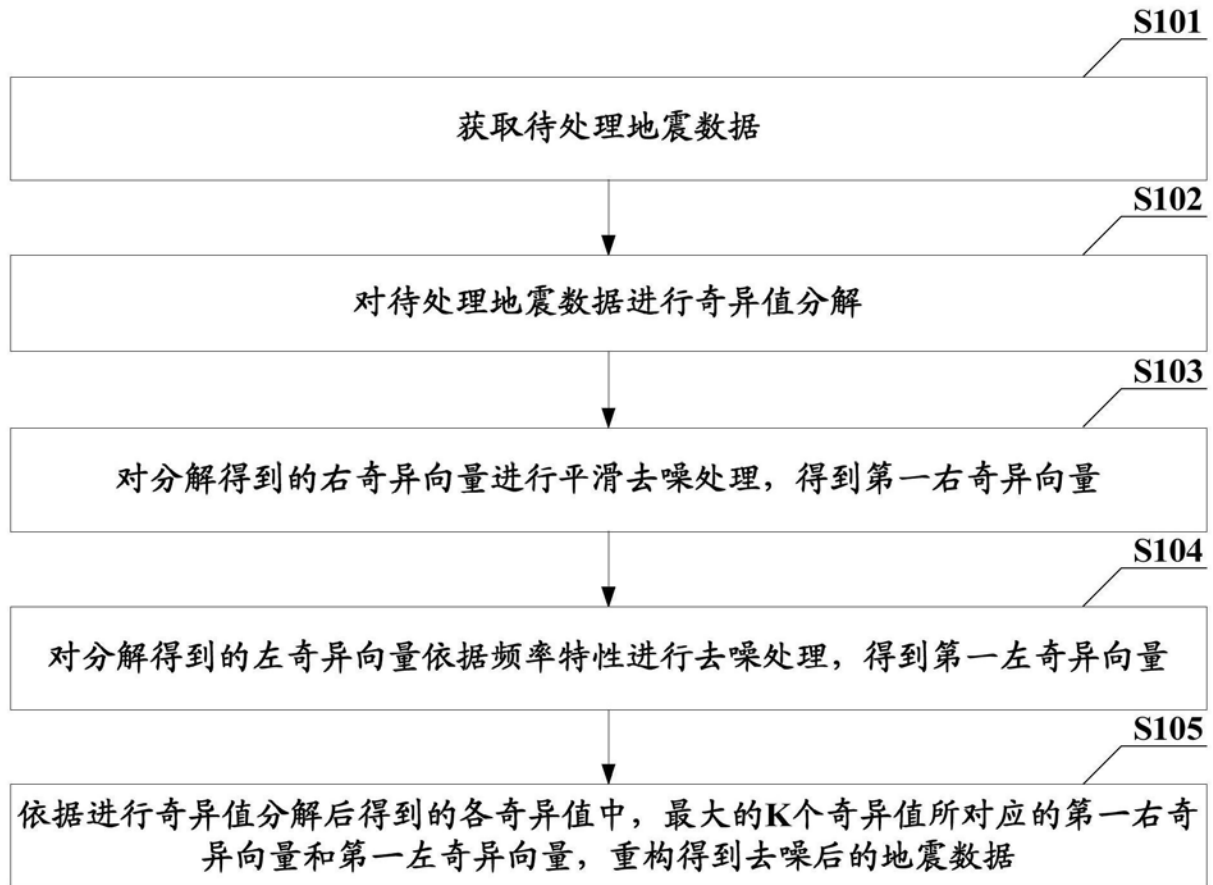


图1

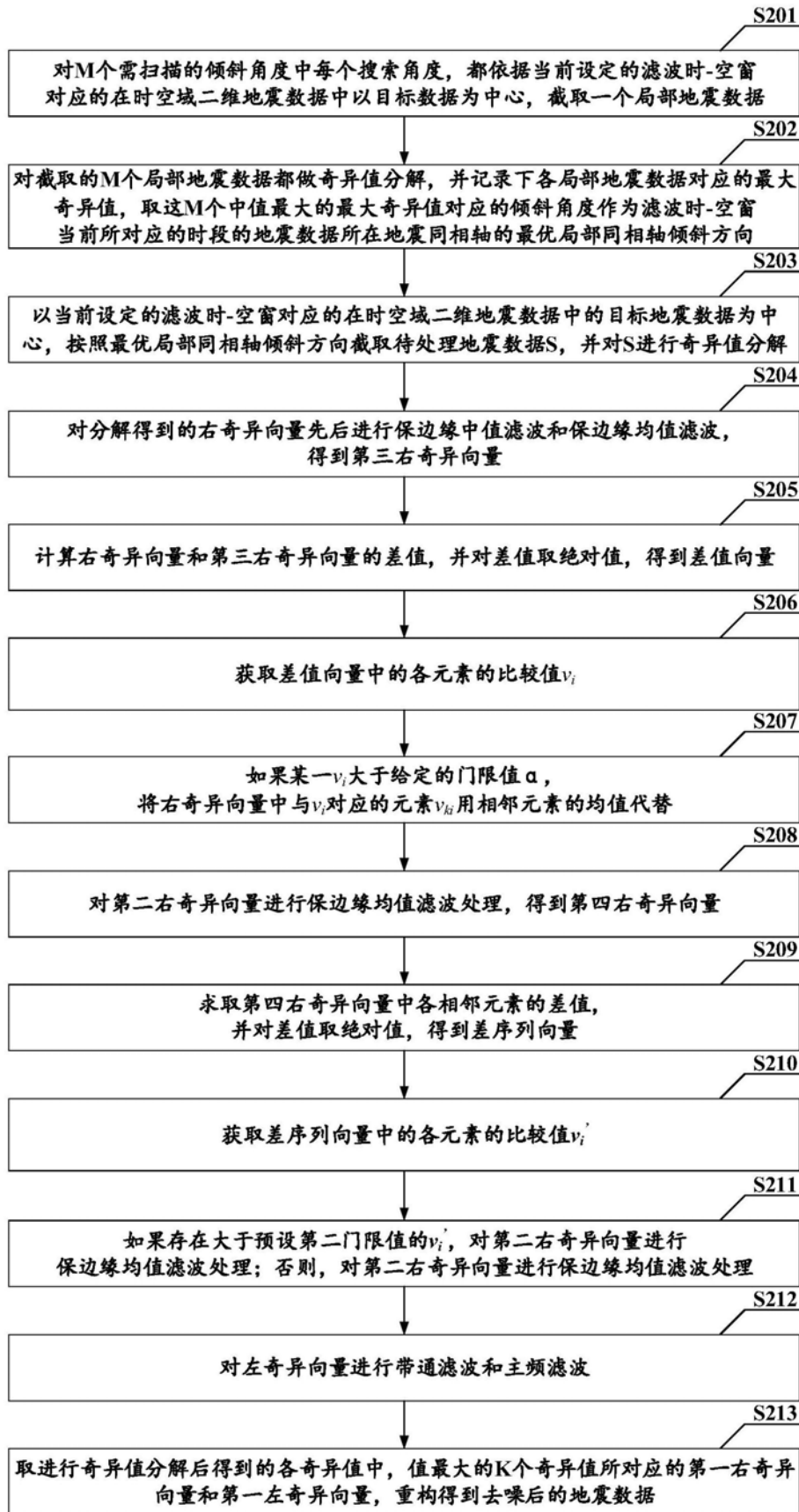


图2

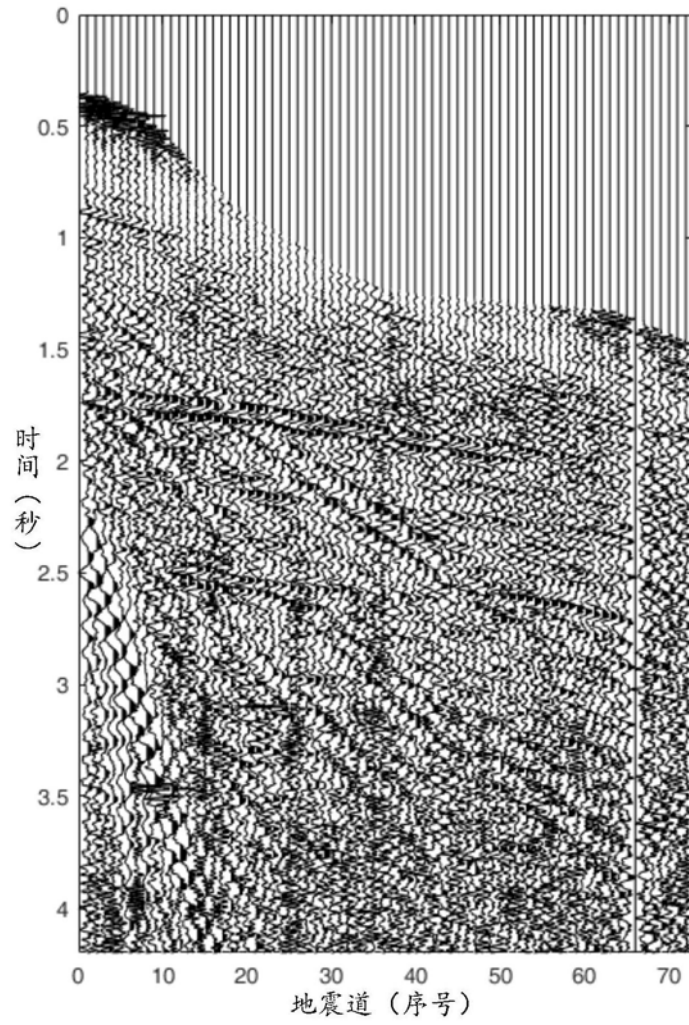


图3

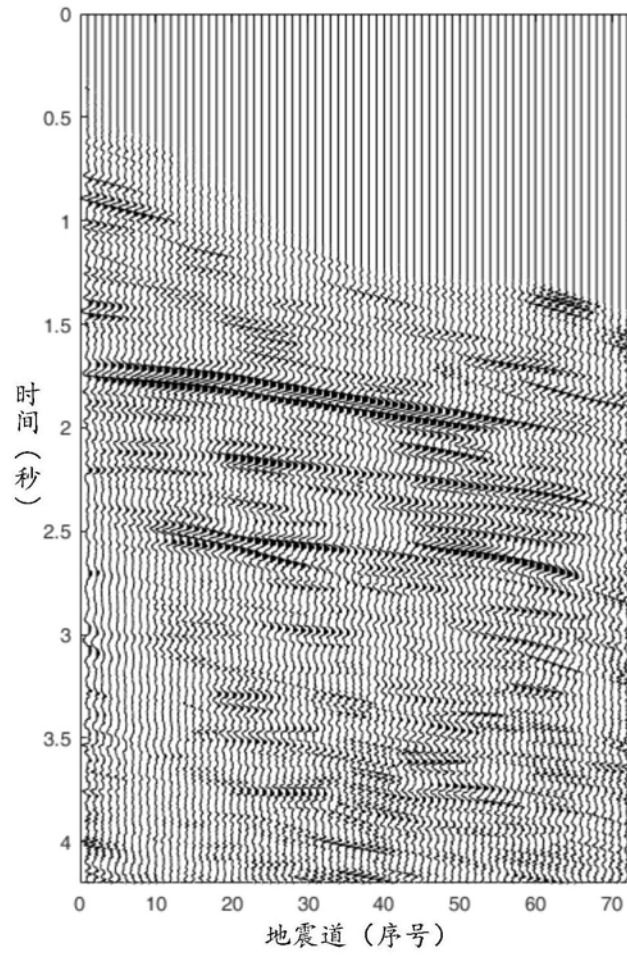


图4

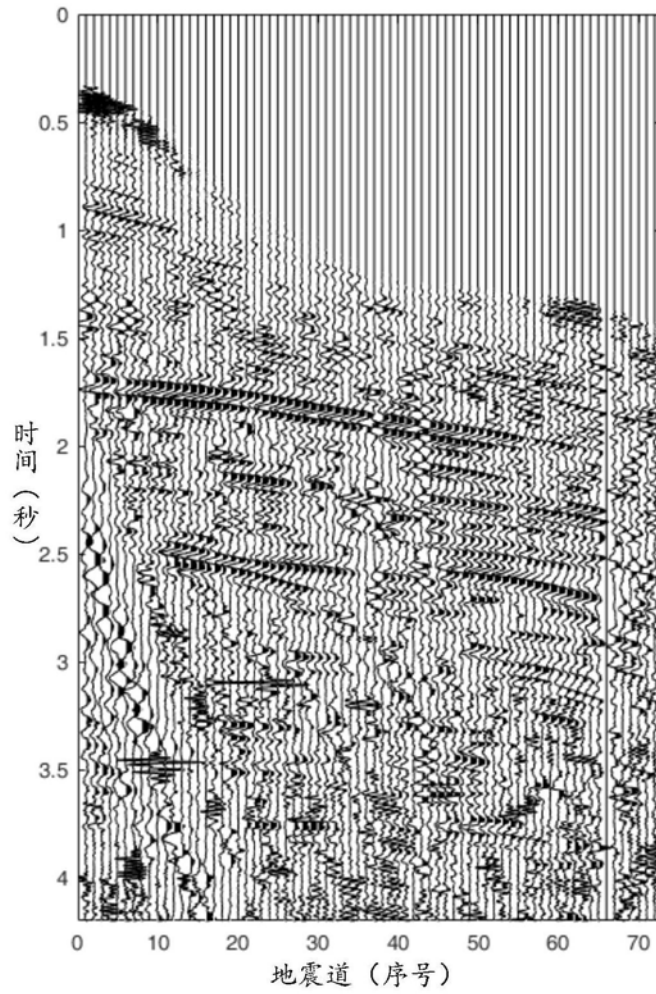


图5

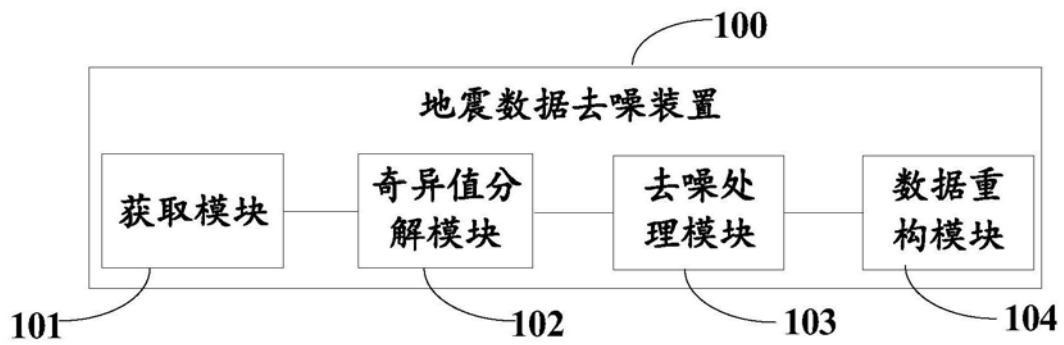


图6

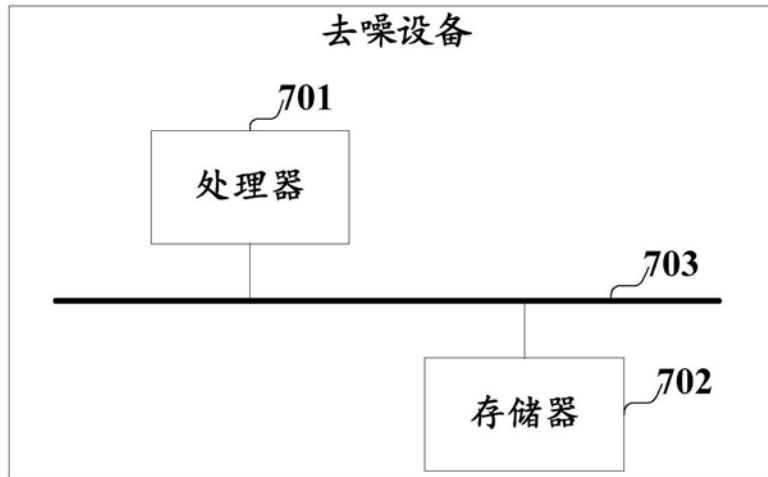


图7