



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110879417 B

(45) 授权公告日 2022. 12. 23

(21) 申请号 201811034748.8

(22) 申请日 2018.09.05

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110879417 A

(43) 申请公布日 2020.03.13

(73) 专利权人 中国石油化工集团有限公司
地址 100728 北京市朝阳区朝阳门北大街
22号

专利权人 中石化石油工程技术服务有限公司
中石化石油工程地球物理有限公司
中石化石油工程地球物理有限公司胜利分公司

(72) 发明人 胡立新 赵国勇 胡来东 霍守东
张剑 徐雷良 胡慧光 王春田
石太昆 王丙金 徐钰

(74) 专利代理机构 济南日新专利代理事务所
(普通合伙) 37224

专利代理师 崔晓艳

(51) Int.Cl.
G01V 1/46 (2006.01)
G01V 1/48 (2006.01)
G01V 1/36 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 103069303 A, 2013.04.24
CN 105143922 A, 2015.12.09
CN 102124374 A, 2011.07.13
CN 106461803 A, 2017.02.22
CN 1306621 A, 2001.08.01
CN 103649780 A, 2014.03.19
US 2012008462 A1, 2012.01.12
杨微. 区域尺度主动源探测技术及试验研究.《中国博士学位论文全文数据库》.2013,

审查员 宋洁

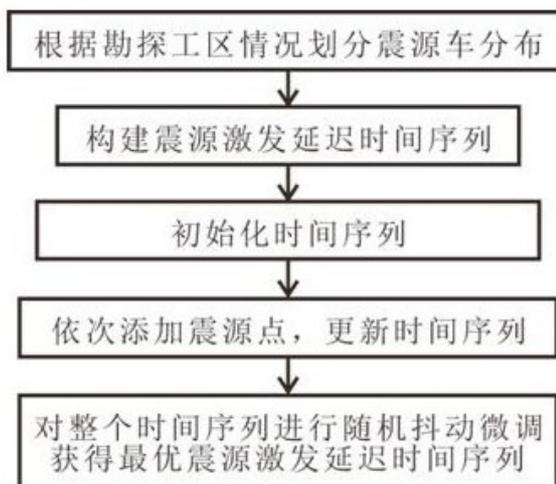
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称

降低邻炮相干性的自主扫描观测系统设计方法

(57) 摘要

本发明提供一种降低邻炮相干性的自主扫描观测系统设计方法,包括:步骤1,根据勘探工区的实际情况,按照可控震源自主扫描高效采集的要求,划分震源车分布;步骤2,根据震源车的分布情况,构建震源激发延迟时间序列 Γ ;步骤3,将震源激发延迟时间序列 Γ 进行初始化;步骤4,依次将每台震源车的激发时间加入到时间序列 Γ 中,并更新 Γ ;步骤5,对整个时间序列 Γ 进行随机抖动微调,获得最优震源激发延迟时间序列。该降低邻炮相干性的自主扫描观测系统设计方法在可控震源的自主扫描中,从采集的角度降低邻炮干扰的相干性,从而为后续的邻炮干扰压制处理提供邻炮干扰能量最弱的地震记录,改善邻炮干扰的压制效果。



1.降低邻炮相干性的自主扫描观测系统设计方法,其特征在于,该降低邻炮相干性的自主扫描观测系统设计方法包括:

步骤1,根据勘探工区的实际情况,按照可控震源自主扫描高效采集的要求,划分震源车分布;

步骤2,根据震源车的分布情况,构建震源激发延迟时间序列 Γ ;

步骤3,将震源激发延迟时间序列 Γ 进行初始化;

步骤4,依次将每台震源车的激发时间加入到时间序列 Γ 中,并更新 Γ ;

步骤5,对整个时间序列 Γ 进行随机抖动微调,获得最优震源激发延迟时间序列;

在步骤4中,根据压缩感知理论,将采样的最大随机性转化为采样矩阵的稀疏变换矩阵各列向量之间的最大互相关值最小,定义感知矩阵:

$$\psi = \Gamma F \quad (\text{公式1})$$

其中, F 为稀疏变换,则感知矩阵列向量之间的最大互相关值表示为:

$$\mu = \max_{i \neq j} \frac{|\psi_i^H \cdot \psi_j|}{(\|\psi_i\|_2 \cdot \|\psi_j\|_2)} \quad (\text{公式2})$$

根据压缩感知理论, μ 越小,采样矩阵 Γ 中的各量越不相干;因此,通过改变震源激发延迟时间序列来降低最大互相关值,即:

$$\Gamma = \operatorname{argmin} \mu \quad (\text{公式3})$$

通过优化采样矩阵 Γ ,从而使得 μ 最小的采样矩阵即为所求。

2.根据权利要求1所述的降低邻炮相干性的自主扫描观测系统设计方法,其特征在于,在步骤3中,有震源车激发的时刻记为1,无震源车激发的时刻记为0,初始化是将时间序列 Γ 上所有的时刻都记为0。

3.根据权利要求1所述的降低邻炮相干性的自主扫描观测系统设计方法,其特征在于,在步骤4中,对于每台震源车激发时间的添加方式,具体如下:

①遍历时间序列 Γ 中所有0位置,计算添加该震源车的激发时间后新的时间序列 Γ' ,并利用公式(1)和(2)计算该新的时间序列 Γ' 的 μ 值,取遍历所有0位置中使 μ 值最小的震源激发时间,作为新的时间序列 Γ ;

②依次添加各台震源车的激发时间,每台震源车都重复以上的步骤,直至将所有震源车的激发时间都加入到时间序列中 Γ 。

4.根据权利要求1所述的降低邻炮相干性的自主扫描观测系统设计方法,其特征在于,在步骤4中,将所有震源车激发时间都添加进来之后,得到当前时间序列 Γ ,然后以每台震源车的激发时间为基准,进行随机抖动的微调,并对每次微调的结果利用公式(1)和(2)计算该时间序列的 μ 值,如果 μ 值减小,则更新时间序列 Γ ,反之,不更新,即:根据公式(3)求取使 μ 值最小的时间序列 Γ ,此时,时间序列 Γ 即为所求最优震源激发延迟时间序列。

降低邻炮相干性的自主扫描观测系统设计方法

技术领域

[0001] 本发明涉及油田开发技术领域,特别是涉及到一种降低邻炮相干性的自主扫描观测系统设计方法。

背景技术

[0002] 目前,可控震源自主扫描观测系统的设计方法主要有:1)完全自主扫描——不对震源进行优化设计,进行完全随机的激发;2)震源扫描长度设计——对震源添加不同扫描长度的约束,以此降低邻炮干扰的相干性;3)非线性扫描——通过采用线性和非线性的扫描方法,降低邻炮干扰相干性。为此我们发明了一种新的降低邻炮相干性的自主扫描观测系统设计方法,解决了以上技术问题。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种通过优化震源激发延迟时间,降低邻炮能量的相干性,从而方便进行邻炮干扰压制的降低邻炮相干性的自主扫描观测系统设计方法。

[0004] 本发明的目的可通过如下技术措施来实现:降低邻炮相干性的自主扫描观测系统设计方法,该降低邻炮相干性的自主扫描观测系统设计方法包括:步骤1,根据勘探工区的实际情况,按照可控震源自主扫描高效采集的要求,划分震源车分布;步骤2,根据震源车的分布情况,构建震源激发延迟时间序列 Γ ;步骤3,将震源激发延迟时间序列 Γ 进行初始化;步骤4,依次将每台震源车的激发时间加入到时间序列 Γ 中,并更新 Γ ;步骤5,对整个时间序列 Γ 进行随机抖动微调,获得最优震源激发延迟时间序列。

[0005] 本发明的目的还可通过如下技术措施来实现:

[0006] 在步骤3中,有震源车激发的时刻记为1,无震源车激发的时刻记为0,初始化是将时间序列 Γ 上所有的时刻都记为0。

[0007] 在步骤4中,根据压缩感知理论,将采样的最大随机性转化为采样矩阵的稀疏变换矩阵各列向量之间的最大互相关值最小,定义感知矩阵

[0008] $\psi = \Gamma F$ (公式1)

[0009] 其中, F 为稀疏变换,则感知矩阵列向量之间的最大互相关值表示为

$$[0010] \quad \mu = \max_{i \neq j} \frac{|\psi_i^H \cdot \psi_j|}{(\|\psi_i\|_2 \cdot \|\psi_j\|_2)} \quad (\text{公式2})$$

[0011] 根据压缩感知理论, μ 越小,采样矩阵 Γ 中的各量越不相干;因此,通过改变震源激发延迟时间序列来降低最大互相关值,即

[0012] $\Gamma = \operatorname{argmin} \mu$ (公式3)

[0013] 通过优化采样矩阵 Γ ,从而使得 μ 最小的采样矩阵即为所求。

[0014] 在步骤4中,对于每台震源车激发时间的添加方式,具体如下:

[0015] ①遍历时间序列 Γ 中所有0位置,计算添加该震源车的激发时间后新的时间序列

Γ' ，并利用公式(1)和(2)计算该新的时间序列 Γ' 的 μ 值，取遍历所有0位置中使 μ 值最小的震源激发时间，作为新的时间序列 Γ ；

[0016] ②依次添加各台震源车的激发时间，每台震源车都重复以上的步骤，直至将所有震源车的激发时间都加入到时间序列中 Γ 。

[0017] 在步骤4中，将所有震源车激发时间都添加进来之后，得到当前时间序列 Γ ，然后以每台震源车的激发时间为基准，进行随机抖动的微调，并对每次微调的结果利用公式(1)和(2)计算该时间序列的 μ 值，如果 μ 值减小，则更新时间序列 Γ ，反之，不更新，即：根据公式(3)求取使 μ 值最小的时间序列 Γ ，此时，时间序列 Γ 即为所求最优震源激发延迟时间序列。

[0018] 本发明中的降低邻炮相干性的自主扫描观测系统设计方法，根据压缩感知理论，优化设计可控震源自主扫描的震源激发时间序列，对观测系统进行优化。通过该优化，最大限度降低邻炮干扰能量的相干性。通过该降低邻炮相干性的自主扫描观测系统设计方法，在可控震源的自主扫描中，从采集的角度降低邻炮干扰的相干性，从而为后续的邻炮干扰压制处理提供邻炮干扰能量最弱的地震记录，改善邻炮干扰的压制效果。

附图说明

[0019] 图1为本发明的降低邻炮相干性的自主扫描观测系统设计方法的一具体实施例的流程图中；

[0020] 图2为本发明的一具体实施例中 6×3 台可控震源分布示意图；

[0021] 图3为本发明的一具体实施例中各震源车激发时间平面图；

[0022] 图4为本发明的一具体实施例中各震源车激发时间轴图；

[0023] 图5为本发明的一具体实施例中图4进行傅里叶变换后的频谱图。

具体实施方式

[0024] 为使本发明的上述和其他目的、特征和优点能更明显易懂，下文特举出较佳实施例，并配合附图所示，作详细说明如下。

[0025] 如图1所示，图1为本发明的降低邻炮相干性的自主扫描观测系统设计方法的流程图。

[0026] 步骤101：根据勘探工区的实际情况，按照可控震源自主扫描高效采集的要求，划分震源车分布。

[0027] 步骤102：根据震源车的分布情况，构建震源激发延迟时间序列 Γ 。

[0028] 步骤103：将震源激发延迟时间序列 Γ 进行初始化，有震源车激发的时刻记为1，无震源车激发的时刻记为0，初始化是将时间序列 Γ 上所有的时刻都记为0。

[0029] 步骤104：依次将每台震源车的激发时间加入到时间序列 Γ 中，并更新 Γ 。

[0030] 其基本原理为：

[0031] 根据压缩感知理论，采样的最大随机性可以转化为“采样矩阵的稀疏变换矩阵各列向量之间的最大互相关值最小”。假设自主扫描震源激发时间延迟构成采样矩阵 Γ ，则定义感知矩阵

[0032] $\psi = \Gamma F$ (公式1)

[0033] 其中， F 为稀疏变换，则感知矩阵列向量之间的最大互相关值可表示为

$$[0034] \quad \mu = \max_{i \neq j} \frac{|\psi_i^H \cdot \psi_j|}{(\|\psi_i\|_2 \cdot \|\psi_j\|_2)} \quad (\text{公式2})$$

[0035] 根据压缩感知理论, μ 越小, 采样矩阵 Γ 中的各量越不相干。因此, 可以通过改变震源激发延迟时间序列来降低最大互相关值, 即

$$[0036] \quad \Gamma = \operatorname{argmin} \mu \quad (\text{公式3})$$

[0037] 通过优化采样矩阵 Γ , 从而使得 μ 最小的采样矩阵即为所求。

[0038] 对于每台震源车激发时间的添加方式, 具体如下:

[0039] ① 遍历时间序列 Γ 中所有 0 位置, 计算添加该震源车的激发时间后新的时间序列 Γ' , 并利用公式 (1) 和 (2) 计算该新的时间序列 Γ' 的 μ 值, 取遍历所有 0 位置中使 μ 值最小的震源激发时间, 作为新的时间序列 Γ ;

[0040] ② 依次添加各台震源车的激发时间, 每台震源车都重复以上的步骤, 直至将所有震源车的激发时间都加入到时间序列中 Γ 。

[0041] 步骤105: 将所有震源车激发时间都添加进来之后, 得到当前时间序列 Γ , 然后以每台震源车的激发时间为基准, 进行随机抖动的微调, 并对每次微调的结果利用公式 (1) 和 (2) 计算该时间序列的 μ 值, 如果 μ 值减小, 则更新时间序列 Γ , 反之, 不更新, 即: 根据公式 (3) 求取使 μ 值最小的时间序列 Γ , 此时, 时间序列 Γ 即为所求最优震源激发延迟时间序列。

[0042] 在应用本发明的一具体实施例中, 假设某工区根据自主扫描将整个震源工区划分为 6×3 共 18 个区域, 每台震源车负责对应区域的震源激发 (如图 2 所示)。

[0043] 假设各台震源车的震源激发时间范围定为 20s, 即 18 台震源车在 20s 时间范围内激发完, 在这个 20s 的时间之内使各震源车的震源激发时间尽量随机。并且, 假设基于时间间隔 $dt = 0.5s$ 进行设计, 得到的结果如图 3 所示。图 3 为最终设计的震源激发时间序列平面图, 颜色深浅代表在不同的时间激发; 图 4 为各台震源车的激发时间在 20s 时间轴上的显示; 图 5 为图 4 进行傅里叶变换后的频谱图。

[0044] 本发明根据压缩感知理论, 对可控震源自主扫描的震源激发时间序列进行优化设计, 并以此对观测系统进行优化。通过该发明, 可以在可控震源的自主扫描中, 从采集的角度大大降低邻炮干扰的相干性, 从而为后续的邻炮干扰压制处理提供邻炮干扰能量最小的地震记录, 改善邻炮干扰的压制效果, 为精细储层预测和油气勘探提供准确资料, 为实现“两宽一高”的勘探目的提供采集基础。

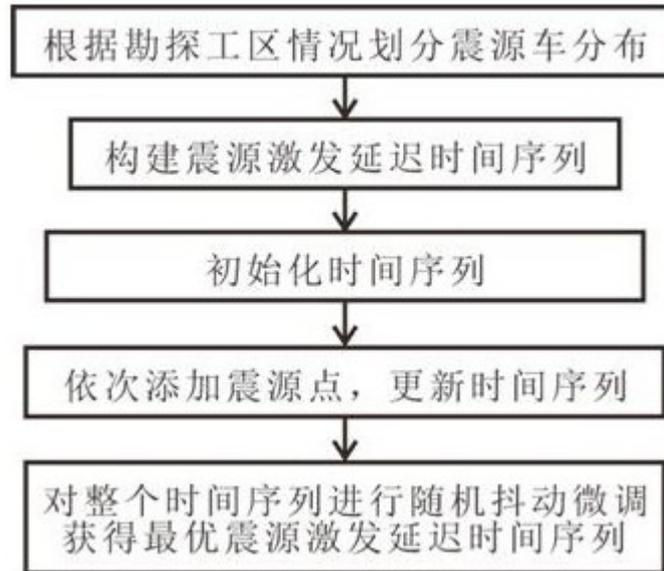


图1

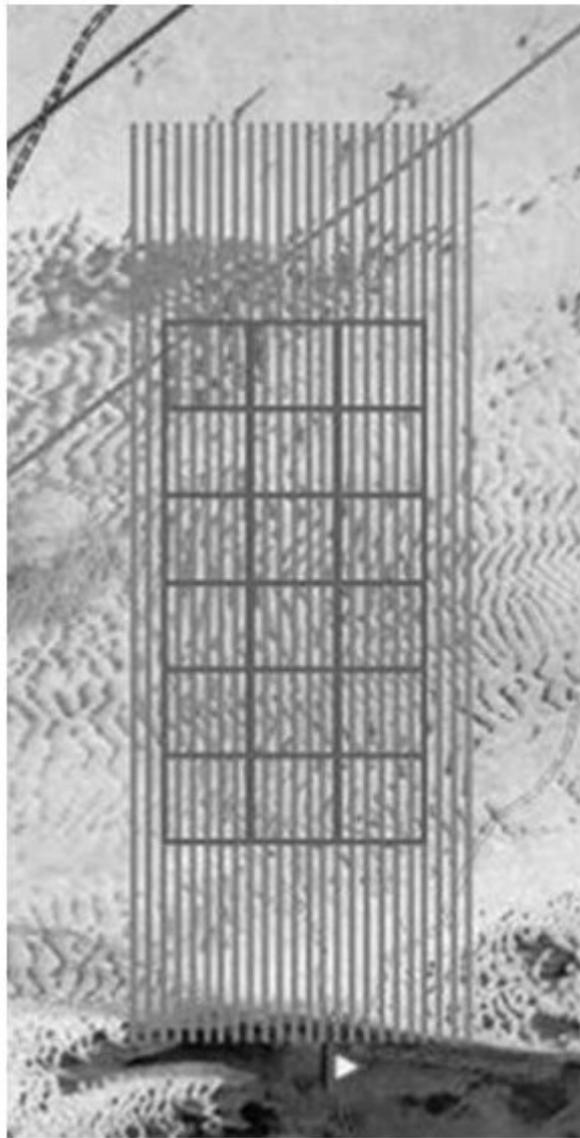


图2

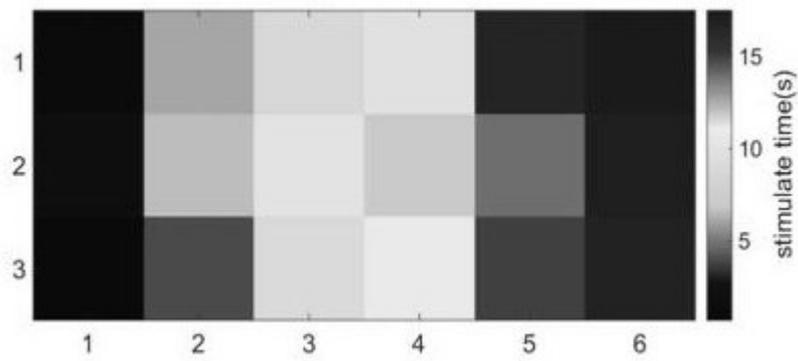


图3

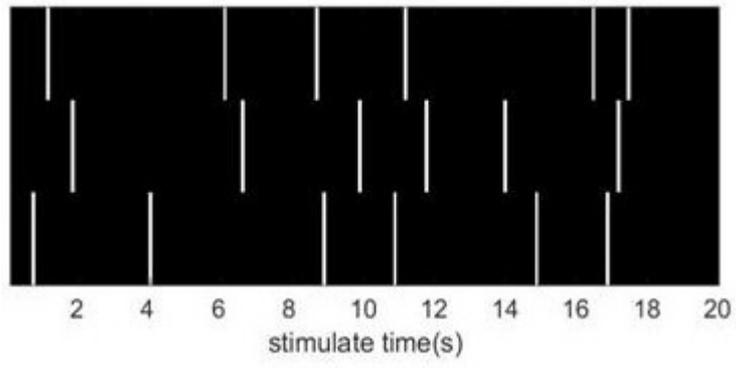


图4



图5