



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111175813 B

(45) 授权公告日 2021.06.25

(21) 申请号 202010128362.4

(22) 申请日 2020.02.28

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111175813 A

(43) 申请公布日 2020.05.19

(73) 专利权人 吉林大学

地址 130026 吉林省长春市前进大街2699
号

(72) 发明人 巩向博 万晓杰 王升超 许卓

(74) 专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569

代理人 杨媛媛

(51) Int.Cl.

G01V 1/26 (2006.01)

G01V 1/02 (2006.01)

G01V 1/50 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2757750 A, 1956.08.07

CN 203786307 U, 2014.08.20

WO 2018087647 A1, 2018.05.17

CN 107526101 A, 2017.12.29

US 8605544 B1, 2013.12.10

CN 101825724 A, 2010.09.08

CN 104678426 A, 2015.06.03

唐松华等.立体阵列组合技术在南黄海盆地的应用.《海洋地质前沿》.2013, 第29卷(第5期), 第65页.

审查员 王叶

权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种增强地震照明度的组合震源激发方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种增强地震照明度的组合震源激发方法及系统,涉及勘探地震领域,包括:确定包括n个子震源的组合震源;设置激发球面波,并以所述激发球面波的地表中心点为圆心,在所述激发球面波的二维半圆范围内等弧度分布子震源,确定子震源的分布几何关系;根据所述子震源的分布几何关系,计算每个所述子震源的震源位置;其中,所述震源位置包括地表位置与井深;根据n个所述子震源的震源位置同时激发震源,记录地震波场;根据所述地震波场计算组合震源情况下的地下地质体的地震照明度。采用本发明提供的方法或系统,在复杂地下构造情况下可有效的增强地震的照明强度。



1.一种增强地震照明度的组合震源激发方法,其特征在于,包括:

确定包括n个子震源的组合震源;

设置激发球面波,并以所述激发球面波的地表中心点为圆心,在所述激发球面波的二维半圆范围内等弧度分布子震源,确定子震源的分布几何关系;具体包括:

设置激发球面波,并确定所述激发球面波的半径为r米;

在所述激发球面波的二维情况,以地表中心点为圆心,半圆范围内等弧度分布所述子震源,确定子震源的分布几何关系;其中,半圆范围等弧度分布的角度为 $180/(n-1)$;

根据所述子震源的分布几何关系,计算每个所述子震源的震源位置;其中,所述震源位置包括地表位置与井深;

根据n个所述子震源的震源位置同时激发震源,记录地震波场;

根据所述地震波场计算组合震源情况下的地下地质体的地震照明度。

2.根据权利要求1所述的一种增强地震照明度的组合震源激发方法,其特征在于,所述确定包括n个子震源的组合震源,具体包括:

确定所述组合震源内子震源的类型;其中,所述子震源的类型为脉冲点震源;

确定组合震源内子震源的个数;其中,所述子震源的个数n为奇数。

3.根据权利要求1所述的一种增强地震照明度的组合震源激发方法,其特征在于,所述根据所述子震源的分布几何关系,计算每个所述子震源的震源位置,具体包括:

以地表为水平面,根据所述子震源的分布几何关系,分别计算n个子震源的地表位置和井深。

4.一种增强地震照明度的组合震源激发系统,其特征在于,包括:

组合震源确定模块,用于确定包括n个子震源的组合震源;

子震源分布模块,用于设置激发球面波,并以所述激发球面波的地表中心点为圆心,在所述激发球面波的二维半圆范围内等弧度分布子震源,确定子震源的分布几何关系;

震源位置计算模块,用于根据所述子震源的分布几何关系,计算每个所述子震源的震源位置;其中,所述震源位置包括地表位置与井深;

地震波场记录模块,用于根据n个所述子震源的震源位置同时激发震源,记录地震波场;

地震照明度计算模块,用于根据所述地震波场计算组合震源情况下的地下地质体的地震照明度。

5.根据权利要求4所述的一种增强地震照明度的组合震源激发系统,其特征在于,所述组合震源确定模块,具体包括:

类型确定单元,用于确定组合震源内子震源的类型;其中,所述子震源的类型为脉冲点震源;

个数确定单元,用于确定组合震源内子震源的个数;其中,所述子震源的个数n为奇数。

6.根据权利要求4所述的一种增强地震照明度的组合震源激发系统,其特征在于,所述子震源分布模块,具体包括:

激发球面波设置单元,用于设置激发球面波,并确定所述激发球面波的半径为r米;

子震源分布单元,用于在所述激发球面波的二维情况,以地表中心点为圆心,半圆范围内等弧度分布子震源,确定子震源的分布几何关系;其中,半圆范围等弧度分布的角度为

180/(n-1)。

7. 根据权利要求4所述的一种增强地震照明度的组合震源激发系统，其特征在于，所述震源位置计算模块，具体包括：

震源位置计算单元，用于以地表为水平面，根据所述子震源的分布几何关系，分别计算n个子震源的地表位置和井深。

一种增强地震照明度的组合震源激发方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及勘探地震领域,特别是涉及一种增强地震照明度的组合震源激发方法及系统。

背景技术

[0002] 地震照明度计算可用于地震采集的观测系统设计优化、地下复杂地质体构造成像的振幅补偿等方面。通常,地震照明度的计算是通过累加震源激发地震波场的能量,对于复杂地下构造区域,地震波在地下传播的能量即地下照明度是不均匀的,也就是说在某些地下区域可能存在照明度较小的情况,就不利于这些区域的地震波探测,这种情况尤其容易发生于地下为高陡的地质构造。组合震源可以通过地震波场的干涉,增强地震波的激发能量,因此也是增强地下构造体地震照明度的一种途径。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种增强地震照明度的组合震源激发方法及系统,通过改变组合震源的位置,使得地震波场沿传播球面相干增强,实现了通过多个组合震源增强地震照明强度的目的。

[0004] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0005] 一种增强地震照明度的组合震源激发方法,包括:

[0006] 确定包括n个子震源的组合震源;

[0007] 设置激发球面波,并以所述激发球面波的地表中心点为圆心,在所述激发球面波的二维半圆范围内等弧度分布子震源,确定子震源的分布几何关系;

[0008] 根据所述子震源的分布几何关系,计算每个所述子震源的震源位置;其中,所述震源位置包括地表位置与井深;

[0009] 根据n个所述子震源的震源位置同时激发震源,记录地震波场;

[0010] 根据所述地震波场计算组合震源情况下的地下地质体的地震照明度。

[0011] 可选的,所述确定包括n个子震源的组合震源,具体包括:

[0012] 确定所述组合震源内子震源的类型;其中,所述子震源的类型为脉冲点震源;

[0013] 确定组合震源内子震源的个数;其中,所述子震源的个数n为奇数。

[0014] 可选的,所述设置激发球面波,并以所述激发球面波的地表中心点为圆心,在所述激发球面波的二维半圆范围内等弧度分布子震源,确定子震源的分布几何关系,具体包括:

[0015] 设置激发球面波,并确定所述激发球面波的半径为r米;

[0016] 在所述激发球面波的二维情况,以地表中心点为圆心,半圆范围内等弧度分布所述子震源,确定子震源的分布几何关系;其中,半圆范围等弧度分布的角度为 $180/(n-1)$ 。

[0017] 可选的,所述根据所述子震源的分布几何关系,计算每个所述子震源的震源位置,具体包括:

[0018] 以地表为水平面,根据所述子震源的分布几何关系,分别计算n个子震源的地表位

置和井深。

- [0019] 一种增强地震照明度的组合震源激发系统,包括:
- [0020] 组合震源确定模块,用于确定包括n个子震源的组合震源;
- [0021] 子震源分布模块,用于设置激发球面波,并以所述激发球面波的地表中心点为圆心,在所述激发球面波的二维半圆范围内等弧度分布子震源,确定子震源的分布几何关系;
- [0022] 震源位置计算模块,用于根据所述子震源的分布几何关系,计算每个所述子震源的震源位置;其中,所述震源位置包括地表位置与井深;
- [0023] 地震波场记录模块,用于根据n个所述子震源的震源位置同时激发震源,记录地震波场;
- [0024] 地震照明度计算模块,用于根据所述地震波场计算组合震源情况下的地下地质体的地震照明度。
- [0025] 可选的,所述组合震源确定模块,具体包括:
- [0026] 类型确定单元,用于确定组合震源内子震源的类型;其中,所述子震源的类型为脉冲点震源;
- [0027] 个数确定单元,用于确定组合震源内子震源的个数;其中,所述子震源的个数n为奇数。
- [0028] 可选的,所述子震源分布模块,具体包括:
- [0029] 激发球面波设置单元,用于设置激发球面波,并确定所述激发球面波的半径为r米;
- [0030] 子震源分布单元,用于在所述激发球面波的二维情况,以地表中心点为圆心,半圆范围内等弧度分布子震源,确定子震源的分布几何关系;其中,半圆范围等弧度分布的角度为 $180/(n-1)$ 。
- [0031] 可选的,所述震源位置计算模块,具体包括:
- [0032] 震源位置计算单元,用于以地表为水平面,根据所述子震源的分布几何关系,分别计算n个子震源的地表位置和井深。
- [0033] 根据本发明提供的具体实施例,本发明公开了以下技术效果:
- [0034] 本发明提供了一种增强地震照明度的组合震源激发方法及系统,在复杂地下构造情况下可有效的增强地震的照明强度。

附图说明

- [0035] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例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发明的一些实施例,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。
- [0036] 图1为本发明一种增强地震照明度的组合震源激发方法的流程示意图;
- [0037] 图2为本发明组合震源增强地震照明度的原理图;
- [0038] 图3为本发明一种增强地震照明度的组合震源激发系统的结构示意图。

具体实施方式

[0039] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明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发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,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,都属于本发明保护的范围。

[0040] 本发明的目的是提供一种增强地震照明度的组合震源激发方法及系统,通过改变组合震源的位置,使得地震波场沿传播球面相干增强,实现了通过多个组合震源增强地震照明强度的目的。

[0041] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0042] 实施例一

[0043] 如图1所示,本实施例提供的一种增强地震照明度的组合震源激发方法,包括如下几个步骤。

[0044] 步骤101:确定包括n个子震源的组合震源;具体为:

[0045] 确定组合震源内子震源的类型;其中,子震源的类型为脉冲点震源。

[0046] 确定组合震源内子震源的个数;其中,子震源的个数n为奇数。

[0047] 步骤102:设置激发球面波,并以激发球面波的地表中心点为圆心,在激发球面波的二维半圆范围内等弧度分布子震源,确定子震源的分布几何关系。

[0048] 具体为:

[0049] 设置激发球面波,并确定激发球面波的半径为r米。

[0050] 在激发球面波的二维情况,以地表中心点为圆心,半圆范围内等弧度分布子震源,确定子震源的分布几何关系。其中,半圆范围等弧度分布的角度为 $180/(n-1)$ 。

[0051] 步骤103:根据子震源的分布几何关系,计算每个子震源的震源位置;其中,震源位置包括地表位置与井深。具体为:

[0052] 以地表为水平面,根据子震源的分布几何关系,分别计算n个子震源的地表位置和井深。

[0053] 步骤104:根据n个子震源的震源位置同时激发震源,记录地震波场。

[0054] 步骤105:根据地震波场计算组合震源情况下的地下地质体的地震照明度。

[0055] 实施例二

[0056] 本实施例提供的一种增强地震照明度的组合震源激发方法,在图2所示的水平地表情况下,包括如下步骤:

[0057] a、采用脉冲点震源作为组合震源的单元。

[0058] b、设置组合震源的子震源个数n为奇数;图2示例中设置组合震源的子震源个数为7个,地表位置投影从左到右依次为 $s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7$ 。

[0059] c、设置激发球面波的半径为r米,考虑脉冲震源激发的球腔破坏作用,以及地震波相长干涉作用,二维情况下,圆的半径要大于1米,小于二分之一波长。

[0060] d、二维情况,以地表中心点为圆心,计算半圆范围等弧度分布的角度为 $180/(7-1)=30^\circ$,即图2中 θ 为 30° 。

[0061] e、根据几何关系,地表圆心位置O为坐标中点,震源 s_1 的地表位置和埋深分别为 s_{1x}

$=-r, s_{1z}=0$;震源 s_2 的地表位置和埋深分别为 $s_{2x}=-r\cos\theta, s_{2z}=r\sin\theta$;依次计算所有炮点的地表位置与深度,其中,深度作为激发震源的井深。

[0062] f、按照计算的震源位置同时激发震源,记录地震波场。

[0063] g、累加各个震源的波场作为组合震源地震照明度计算的依据,照明度计算公式如下:

$$[0064] E(x,z) = \sum_{i=1}^n \sqrt{\sum_{t=1}^{nt} (u_{s_i}(x,z,t)^2)}$$

[0065] 其中 $E(x,z)$ 是计算的组合震源的地震照明度; n 是震源个数, $n=7$; nt 是沿时间方向记录的离散时间采样点个数; $u_{s_i}(x,z,t)$ 是根据波动方程计算当前震源 s_i 的地震波场快照(强度); $u_{s_i}(x,z,t)$ 是空间点随时间的变化。

[0066] 从图2中看出,本实施例通过步骤a~g能够计算出等同于能量增强点震源的地震波场,进而增强了地震的照明强度。

[0067] 实施例三

[0068] 如图3所示,本实施例提供的一种增强地震照明度的组合震源激发系统,包括:

[0069] 组合震源确定模块201,用于确定包括n个子震源的组合震源;具体为:

[0070] 类型确定单元,用于确定组合震源内子震源的类型;其中,子震源的类型为脉冲点震源。

[0071] 个数确定单元,用于确定组合震源内子震源的个数;其中,子震源的个数n为奇数。

[0072] 子震源分布模块202,用于设置激发球面波,并以激发球面波的地表中心点为圆心,在激发球面波的二维半圆范围内等弧度分布子震源,确定子震源的分布几何关系。具体为:

[0073] 激发球面波设置单元,用于设置激发球面波,并确定激发球面波的半径为r米。

[0074] 子震源分布单元,用于在激发球面波的二维情况,以地表中心点为圆心,半圆范围内等弧度分布子震源,确定子震源的分布几何关系。其中,半圆范围等弧度分布的角度为 $180/(n-1)$ 。

[0075] 震源位置计算模块203,用于根据子震源的分布几何关系,计算每个子震源的震源位置;其中,震源位置包括地表位置与井深。具体为:

[0076] 震源位置计算单元,用于以地表为水平面,根据子震源的分布几何关系,分别计算n个子震源的地表位置和井深。

[0077] 地震波场记录模块204,用于根据n个子震源的震源位置同时激发震源,记录地震波场。

[0078] 地震照明度计算模块205,用于根据地震波场计算组合震源情况下的地下地质体的地震照明度。

[0079] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的系统而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0080] 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

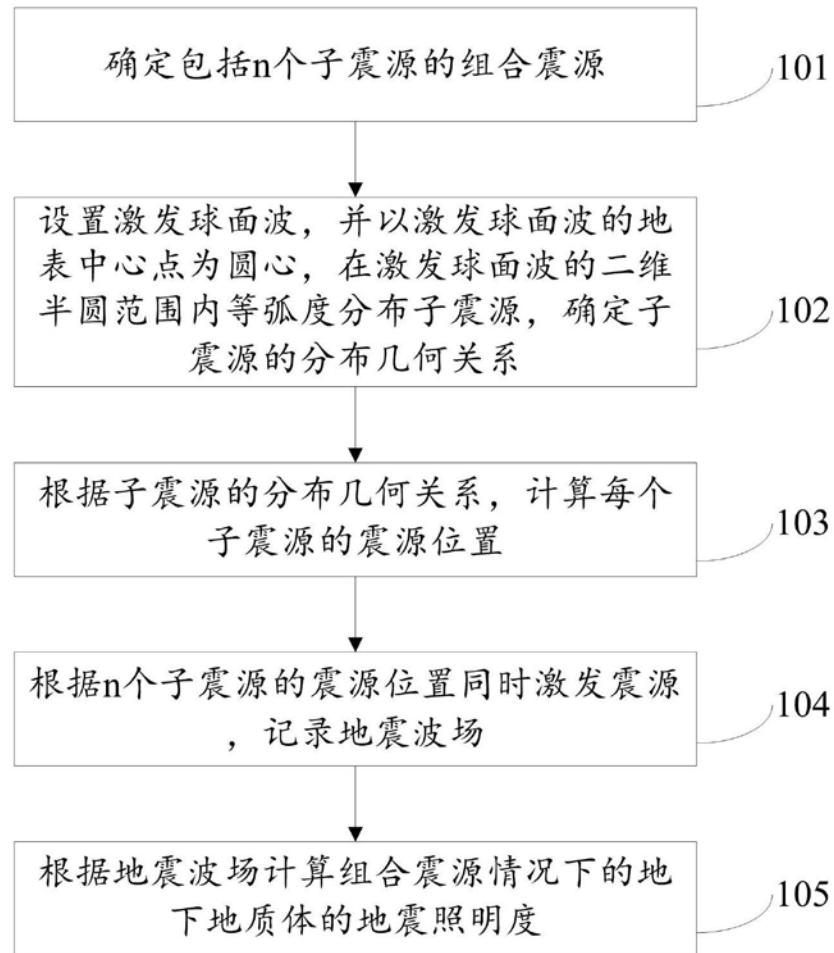


图1

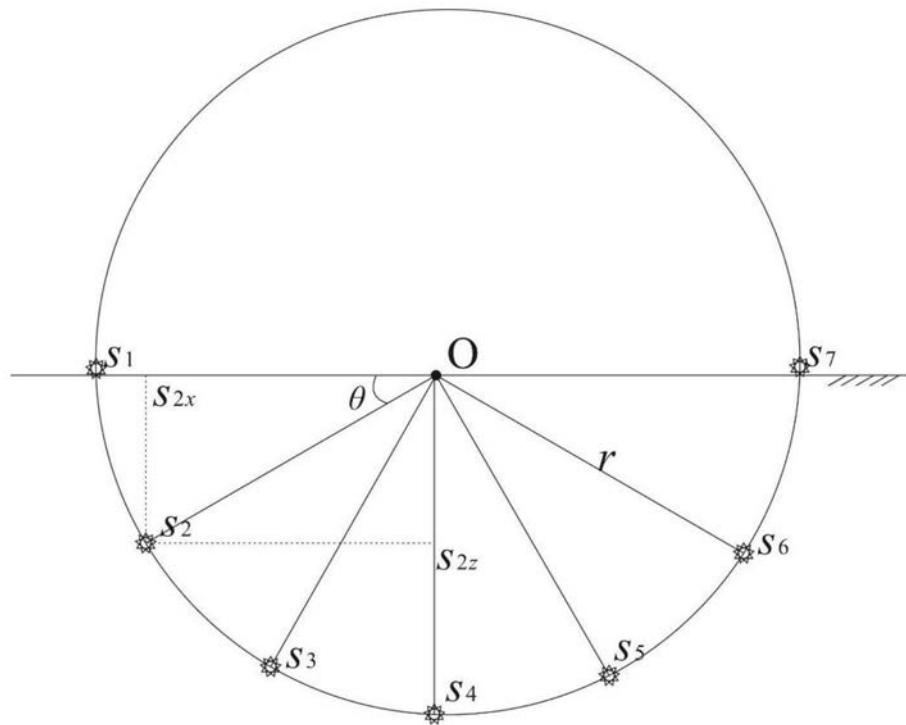


图2



图3