



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104849751 B

(45)授权公告日 2017. 11. 10

(21)申请号 201510249121.4

(22)申请日 2015.05.15

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104849751 A

(43)申请公布日 2015.08.19

(73)专利权人 中国石油集团川庆钻探工程有限公司地球物理勘探公司

地址 610213 四川省成都市双流县华阳镇
华阳大道一段216号,川庆地球物理勘探公司科技部

(72)发明人 张恩嘉 金德刚 刘鸿 唐虎
段鹏飞 陈三平 何光明 熊晶璇
巫骏 陈立

(74)专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司 11286

代理人 张川绪 王兆赓

(51)Int.Cl.

G01V 1/28(2006.01)

审查员 张敏

权利要求书2页 说明书4页 附图1页

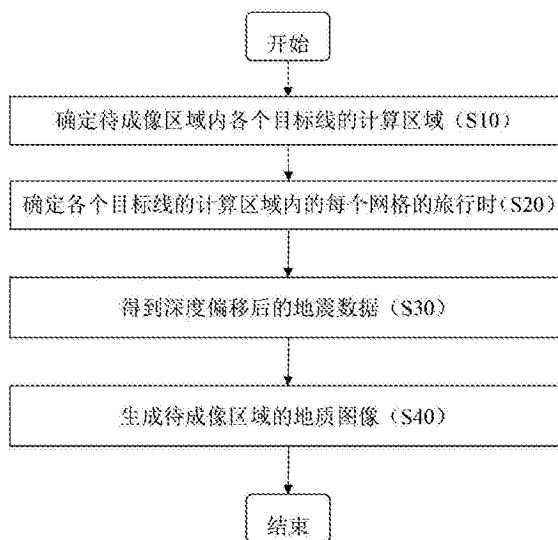
(54)发明名称

叠前地震资料成像的方法

(57)摘要

提供一种叠前地震资料成像的方法,包括:

(a)根据最大偏移距确定待成像区域内各个目标线的计算区域,其中,任意一目标线的计算区域表示对所述任意一目标线成像需要计算的旅行时所在的区域;(b)确定所述各个目标线的计算区域内的每个网格的旅行时;(c)根据所有确定的旅行时对待成像区域的叠前地震数据进行深度偏移以得到深度偏移后的地震数据;(d)根据得到的深度偏移后的地震数据生成待成像区域的地质图像。在根据本发明示例性实施例的叠前地震资料成像的方法中,仅需要计算和存储确定的目标线的计算区域的旅行时,无需计算整个速度区域的旅行时,可减小计算量、耗时和中间数据量,提高效率。



1. 一种叠前地震资料成像的方法,其特征在于,包括:

(a) 根据最大偏移距确定待成像区域内各个目标线的计算区域,其中,任意一目标线的计算区域表示对所述任意一目标线成像需要计算的旅行时所在的区域,所述任意一目标线的计算区域为以所述任意一目标线为中心向左右分别移动不小于最大偏移距的距离所形成的区域;

(b) 确定所述各个目标线的计算区域内的每个网格的旅行时;

(c) 根据所有确定的旅行时对待成像区域的叠前地震数据进行深度偏移以得到深度偏移后的地震数据;

(d) 根据得到的深度偏移后的地震数据生成待成像区域的地质图像,

其中,所述任意一个目标线的计算区域的起始线的线号和终止线的线号分别通过下述等式(1)和(2)来确定:

$$l_b = l - \frac{m}{d} \quad (1)$$

$$l_e = l + \frac{m}{d} \quad (2)$$

其中, l_b 表示所述起始线的线号, l_e 表示所述终止线的线号, l 表示所述任意一个目标线的线号, m 表示所述不小于最大偏移距的距离, d 表示线距。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在步骤(a)中,所述不小于最大偏移距的距离为线距的倍数。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在步骤(b)中,通过以下等式来确定所述任意一目标线的计算区域内的任意一个网格的旅行时:

$$t = \frac{s}{v} \left[1 - \frac{(\bar{\lambda} \cdot \bar{n})s}{2v} \right] + O \cdot (\bar{\lambda}^3),$$

其中, t 表示所述任意一个网格的旅行时, s 表示所述任意一个网格的地震波弧长, v 表示所述任意一个网格的速度, \bar{n} 表示所述任意一个网格的地震波的出射方向, $\bar{\lambda}$ 表示所述任意一个网格的速度与相邻网格的速度之间的变化梯度, O 表示对用所述任意一个网格的慢度和所述变化梯度来表示相邻网格的慢度的表示式进行泰勒级数展开的余项。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在步骤(c)中,通过以下等式来对待成像区域的叠前地震数据进行深度偏移以得到深度偏移后的地震数据:

$$P_{out} = \frac{\Delta x \Delta y}{4\pi} \sum_{i=1}^A \left(\frac{\cos \theta_i}{ur_i} \frac{\partial}{\partial T} P_{in} \left(x, y, z = 0; \tau = T - \frac{r_i}{u} \right) \right),$$

其中, P_{out} 表示对待成像区域的叠前地震数据 $P_{in} \left(x, y, z = 0; \tau = T - \frac{r_i}{u} \right)$ 进行深度偏移得到的深度偏移后的地震数据, $P_{in} \left(x, y, z = 0; \tau = T - \frac{r_i}{u} \right)$ 表示待成像区域内坐标为 $(x, y,$

$z=0$) 的成像点在 τ 时刻的叠前地震数据, T 表示所述成像点所在的网格的旅行时, Δx 表示纵测线的道间距, Δy 表示横测线的道间距, θ_i 表示由所述成像点与第 i 个检波点之间的连线与铅垂线形成的夹角, A 表示检波点的数量, u 表示所述成像点的速度, r_i 表示第 i 个检波点到震源位置的距离, ∂ 表示偏导符号。

叠前地震资料成像的方法

技术领域

[0001] 本发明总体说来涉及地震勘探数据处理的技术领域,更具体地讲,涉及一种叠前地震资料成像的方法。

背景技术

[0002] 随着勘探开发程度的加深,勘探目标越来越小,勘探目标向中深层的复杂断块油气藏、隐蔽性油气藏及潜山油藏方向发展,对地下构造成像要求更加精细。鉴于近几年地震采集装备的迅速发展,采集仪器的带道能力明显增强,加上高密度宽方位采集技术的发展使叠前地震数据量急剧增加。例如某150km²工区的高密度地震资料,叠前数据量达到2TB。对如此大的数据体进行叠前深度偏移成像对现有软件来说是一个非常大的考验。

[0003] 现有的Kirchhoff叠前深度偏移软件能快速有效地对叠前地震资料进行成像,落实地质构造,Kirchhoff深度偏移的核心是通过计算三维空间变速介质旅行时,然后沿着旅行时轨迹对地震数据(例如振幅)进行积分求和,以对叠前地震资料进行成像。对叠前地震资料进行成像的关键步骤是计算地震波穿过介质的旅行时以及沿着旅行时轨迹对地震数据(例如振幅)进行积分求和。

[0004] 图1示出现有技术中一个工区深度偏移成像区域示意图,现有的方法对黑色成像区域进行成像均是先计算完图1中速度区域内的旅行时并进行存储,而计算旅行时的工作所耗时占整个偏移的60%,而且所有旅行时的存储也是非常巨大,在偏移过程中进行成像时,节点间的通信也会耗费大量的时间,因为这不仅会造成巨量的旅行时场的重复I/O,而且成像道集的输出也会有巨大的I/O压力,另外当前计算机集群单节点内存较大的特点也没有充分利用。如果要进行单个目标线的偏移成像,现有的方法也需要计算图1中速度区域内的旅行时,这势必会影响项目的进展。

[0005] 因此,现有的叠前地震资料成像的方法计算量大、耗时长、中间数据量大。

发明内容

[0006] 本发明的示例性实施例在于提供一种叠前地震资料成像的方法,可克服现有的方法计算量大、耗时长和中间数据量大的缺陷。

[0007] 本发明示例性实施例提供一种叠前地震资料成像的方法,包括:(a)根据最大偏移距确定待成像区域内各个目标线的计算区域,其中,任意一目标线的计算区域表示对所述任意一目标线成像需要计算的旅行时所在的区域;(b)确定所述各个目标线的计算区域内的每个网格的旅行时;(c)根据所有确定的旅行时对待成像区域的叠前地震数据进行深度偏移以得到深度偏移后的地震数据;(d)根据得到的深度偏移后的地震数据生成待成像区域的地质图像。

[0008] 在上述方法的步骤(a)中,所述任意一目标线的计算区域为以所述任意一目标线为中心向左右分别移动不小于最大偏移距的距离所形成的区域。

[0009] 在上述方法的步骤(a)中,所述不小于最大偏移距的距离为线距的倍数。

[0010] 在上述方法的步骤 (b) 中,通过以下等式来确定所述任意一目标线的计算区域内的任意一个网格的旅行时:

$$[0011] \quad t = \frac{s}{v} \left[1 - \frac{(\vec{\lambda} \cdot \vec{n})s}{2v} \right] + O \cdot (\vec{\lambda}^3),$$

[0012] 其中,t表示所述任意一个网格的旅行时,s表示所述任意一个网格的地震波弧长,v表示所述任意一个网格的速度, \vec{n} 表示所述任意一个网格的地震波的出射方向, $\vec{\lambda}$ 表示所述任意一个网格的速度与相邻网格的速度之间的变化梯度,O表示对用所述任意一个网格的慢度和所述变化梯度来表示相邻网格的慢度的表示式进行泰勒级数展开的余项。

[0013] 在上述方法的步骤 (c) 中,通过以下等式来对待成像区域的叠前地震数据进行深度偏移以得到深度偏移后的地震数据:

$$[0014] \quad P_{out} = \frac{\Delta x \Delta y}{4\pi} \sum_{i=1}^A \left(\frac{\cos \theta_i}{ur_i} \frac{\partial}{\partial T} P_{in} \left(x, y, z = 0; \tau = T - \frac{r_i}{u} \right) \right),$$

[0015] 其中, P_{out} 表示对待成像区域的叠前地震数据 $P_{in}(x, y, z = 0; \tau = T - \frac{r_i}{u})$ 进行深度

偏移得到的深度偏移后的地震数据, $P_{in}(x, y, z = 0; \tau = T - \frac{r_i}{u})$ 表示待成像区域内坐标为

$(x, y, z = 0)$ 的成像点在 τ 时刻的叠前地震数据,T表示所述成像点所在的网格的旅行时, Δx 表示纵测线的道间距, Δy 表示横测线的道间距, θ_i 表示由所述成像点与第*i*个检波点之间的连线与铅垂线形成的夹角,A表示检波点的数量,u表示所述成像点的速度, r_i 表示第*i*个检波点到震源位置的距离, ∂ 表示偏导符号。

[0016] 在根据本发明示例性实施例的叠前地震资料成像的方法中,仅需要计算和存储确定的目标线的计算区域的旅行时,无需计算整个速度区域的旅行时,可减小计算量、耗时和中间数据量,提高效率。此外,由于计算区域的旅行时的数据量小,可直接放入内存,可提高成像步骤中读取旅行时的效率。

附图说明

[0017] 通过下面结合示例性地示出实施例的附图进行的描述,本发明示例性实施例的上述和其他目的和特点将会变得更加清楚,其中:

[0018] 图1示出现有技术中一个工区深度偏移成像区域示意图;

[0019] 图2示出根据本发明示例性实施例的叠前地震资料成像的方法的流程图。

具体实施方式

[0020] 现将详细参照本发明的示例性实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中,相同的标号始终指的是相同的部件。以下将通过参照附图来说明所述示例性实施例,以便解释本发明。

[0021] 图2示出根据本发明示例性实施例的叠前地震资料成像的方法的流程图。

[0022] 参照图2,在步骤S10,根据最大偏移距确定待成像区域内各个目标线的计算区域。所述目标线一般是Inline线,本领域技术人员可以理解,所述目标线也可以是Xline线。所述最大偏移距是最大炮检距。这里,所述任意一目标线的计算区域表示对所述任意一目标线成像需要计算的旅行时所在的区域。也就是说,可根据所述任意一目标线的计算区域的旅行时来对所述任意一目标线成像。本领域技术人员清楚,可将该计算区域分成多个网格,一个区域的旅行时是指地震波穿过该计算区域中的各个网格需要的时间的集合。

[0023] 可根据目标线的线号的大小来依次确定各个目标线的计算区域内。这里,可选地,可将所述任意一目标线的计算区域确定为以所述任意一目标线为中心向左右分别移动不小于最大偏移距的距离所形成的区域。这里,为了方便后续的计算,可将所述不小于最大偏移距的距离设置为线距的倍数。相应地,可用该计算区域的起始线的线号和终止线的线号来表示该计算区域。所述起始线的线号和终止线的线号可分别通过下述等式(1)和(2)来确定。

$$[0024] \quad l_b = l - \frac{m}{d} \quad (1)$$

$$[0025] \quad l_e = l + \frac{m}{d} \quad (2)$$

[0026] 其中, l_b 表示所述起始线的线号, l_e 表示所述终止线的线号, l 表示所述任意一个目标线的线号, m 表示所述不小于最大偏移距的距离, d 表示线距。在所述任意一个目标线为Inline线的情况下,所述起始线和终止线都为Inline线,所述线距为炮线距。

[0027] 在步骤S20,确定所述各个目标线的计算区域内的每个网格的旅行时。这里,网格的旅行时为地震波穿过该网格需要的时间。可根据目标线的线号的大小依次确定各个目标线的计算区域内的每个网格的旅行时。这里,可通过以下等式(3)来确定任意一目标线的计算区域内的任意一个网格的旅行时。

$$[0028] \quad t = \frac{s}{v} \left[1 - \frac{(\bar{\lambda} \cdot \bar{n})s}{2v} \right] + O \cdot (\bar{\lambda}^3) \quad (3)$$

[0029] 其中, t 表示所述任意一个网格的旅行时, s 表示所述任意一个网格的地震波弧长, v 表示所述任意一个网格的速度, \bar{n} 表示所述任意一个网格的地震波的出射方向, $\bar{\lambda}$ 表示所述任意一个网格的速度与相邻网格的速度之间的变化梯度, O 表示对用所述任意一个网格的慢度和所述变化梯度来表示相邻网格的慢度的表示式进行泰勒级数展开的余项。这里, s 、 v 、 \bar{n} 和 $\bar{\lambda}$ 可根据该工区采集的地震数据来确定。

[0030] 可以理解,根据本发明示例性实施例的网格的旅行时不限于通过上述等式(3)来确定,还可根据其他合适的方式来确定。

[0031] 在S30,根据所有确定的旅行时对待成像区域的叠前地震数据进行深度偏移以得到深度偏移后的地震数据。也就是说,根据所有目标线的计算区域内的每个网格的旅行时对待成像区域的叠前地震数据进行深度偏移以得到深度偏移后的地震数据。这里,本领域

技术人员可以通过各种方式来根据所有确定的旅行时对待成像区域的叠前地震数据进行深度偏移。例如,可选地,可通过以下等式(4)来对待成像区域的叠前地震数据进行深度偏移以得到深度偏移后的地震数据。

[0032]

$$P_{out} = \frac{\Delta x \Delta y}{4\pi} \sum_{i=1}^A \left(\frac{\cos \theta_i}{ur_i} \frac{\partial}{\partial T} P_{in} \left(x, y, z = 0; \tau = T - \frac{r_i}{u} \right) \right) \quad (4)$$

[0033] 其中, P_{out} 表示对待成像区域的叠前地震数据 $P_{in} \left(x, y, z = 0; \tau = T - \frac{r_i}{u} \right)$ 进行深

度偏移得到的深度偏移后的地震数据, $P_{in} \left(x, y, z = 0; \tau = T - \frac{r_i}{u} \right)$ 表示待成像区域内坐标

为 $(x, y, z = 0)$ 的成像点在 τ 时刻的叠前地震数据, T 表示所述成像点所在的网络的旅行时, Δx 表示纵测线的道间距, Δy 表示横测线的道间距, θ_i 表示由所述成像点与第 i 个检波点之间的连线与铅垂线形成的夹角, A 表示检波点的数量, u 表示所述成像点的速度, r_i 表示第 i 个检波点到震源位置的距离, ∂ 表示偏导符号。

[0034] 在步骤S40,根据得到的深度偏移后的地震数据生成待成像区域的地质图像。本领域技术人员清楚,可通过各种合适的方法来根据得到的深度偏移后的地震数据生成待成像区域的地质图像。所述地质图像为可以反映待成像区域的地质构造的各种图像,例如叠加剖面图。

[0035] 在根据本发明示例性实施例的叠前地震资料成像的方法中,仅需要计算和存储确定的目标线的计算区域的旅行时,无需计算整个速度区域的旅行时,可减小计算量、耗时和中间数据量,提高效率。此外,由于只需要确定计算区域的旅行时,确定的旅行时的数据量小,由于计算区域的旅行时的数据量小,不用放在本地盘或网络盘,而是直接放入内存,不受访问硬盘、网络通信等限制,可提高读取旅行时的效率。

[0036] 根据本发明的示例性实施例的上述方法可以被用于叠前地震资料成像的设备来实现,也可以被实现为计算机程序,从而当运行该程序时,实现上述方法。

[0037] 虽然已表示和描述了本发明的一些示例性实施例,但本领域技术人员应该理解,在不脱离由权利要求及其等同物限定其范围的本发明的原理和精神的情况下,可以对这些实施例进行修改。

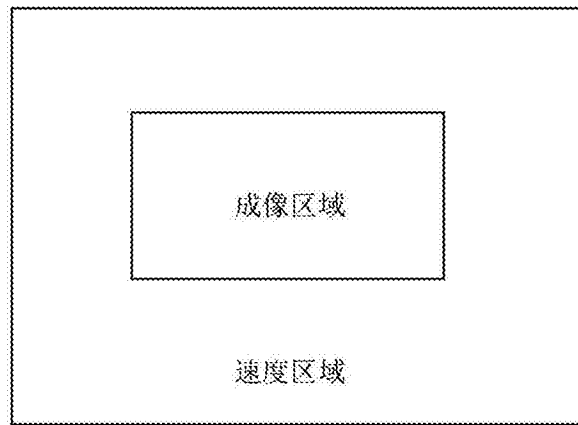


图1

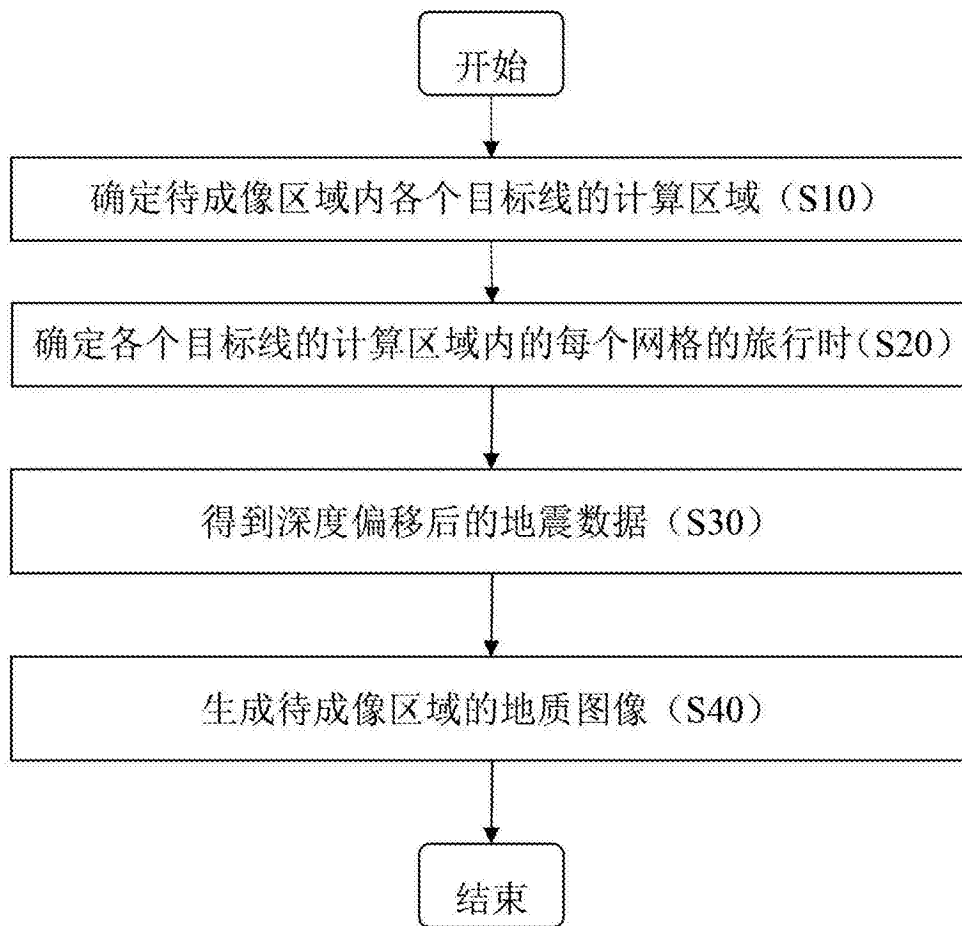


图2