



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113917536 B

(45) 授权公告日 2024.06.25

(21) 申请号 202010661120.1

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2020.07.10

G01V 1/36 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

(56) 对比文件

申请公布号 CN 113917536 A

CN 106526666 A, 2017.03.22

CN 104849751 A, 2015.08.19

(43) 申请公布日 2022.01.11

审查员 王昊

(73) 专利权人 中国石油化工股份有限公司

地址 257000 山东省东营市东营区济南路
125号

专利权人 中国石油化工股份有限公司胜利
油田分公司物探研究院

(72) 发明人 王延光 唐祥功 王常波 尚新民

芮拥军 隆文韬 张猛 王蓬

(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

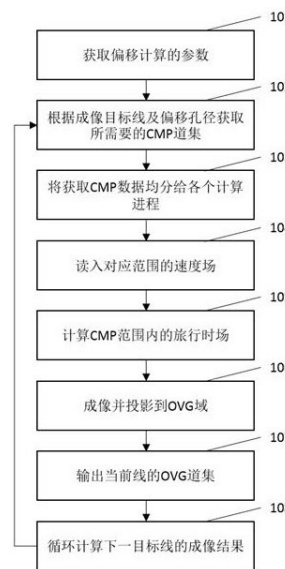
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

积分法成像实现OVG道集直接输出的方法

(57) 摘要

本发明提供一种积分法成像实现OVG道集直接输出的方法,该积分法成像实现OVG道集直接输出的方法包括:步骤1,获取偏移计算的参数;步骤2,根据成像目标线位置及偏移孔径,获取所需的预处理后CMP道集;步骤3,根据参与计算的进程数目,将获取的CMP道集数据均分到各个进程;步骤4,读取偏移所需的速度场;步骤5,计算该目标线成像所需的旅行时场;步骤6,计算当前输入地震道对应的OVG成像输出参数信息;步骤7,输出该成像目标线的OVG道集;步骤8,循环计算下一成像目标线。该积分法成像实现OVG道集直接输出的方法大大降低了成像前和成像后地震数据的读写量和磁盘占有量,对于高密度地震数据具有非常好的适应性。



1. 积分法成像实现OVG道集直接输出的方法,其特征在于,该积分法成像实现OVG道集直接输出的方法包括:

步骤1,获取偏移计算的参数;

步骤2,根据成像目标线位置及偏移孔径,获取所需的预处理后CMP道集;

步骤3,根据参与计算的进程数目,将获取的CMP道集数据按线数量均分到各个进程;

步骤4,读取偏移所需的速度场;

步骤5,计算该目标线成像所需的旅行时场;

步骤6,计算当前输入地震道对应的OVG成像输出参数信息;

步骤7,输出该成像目标线的OVG道集;

步骤8,循环计算下一成像目标线;

在步骤1,获取的偏移计算的参数包括偏移孔径、成像目标线范围、成像时间或深度采样信息、计算进程个数;

在步骤2,在获取CMP道集数据后,根据偏移孔径及成像后数据线间距计算所获取输入CMP数据的线范围:

$$N_{line} = \frac{L_{apt}}{D_{line}}$$

其中, N_{line} 表示所需获取的CMP道集数据的线范围, L_{apt} 为偏移计算孔径, D_{line} 为成像后数据线间距;

判断当前成像目标线与前一目标线是否存在偏移孔径内的地震数据重叠;当存在重叠部分时,从数据存储介质获取孔径内新增的非重叠部分地震数据,重叠部分的地震数据则直接从内存中相应获取,以此节省地震数据读取时间;

在步骤3中,根据参与计算的进程数目 N_{proc} ,将 N_{line} 条线的地震数据均分到 N_{proc} 个进程,每个计算进程的CMP道集数据线数量 $N_{line_per_node}$ 为:

$$N_{line_per_node} = N_{line} / N_{proc};$$

在步骤6,根据所获取的地震道数据的炮点和检波点相对位置关系,利用如下公式计算当前输入地震道对应的OVG成像输出参数信息:

$$ihx = \frac{hx}{dhx}$$

$$ihy = \frac{hy}{dhy}$$

$$\varphi = \arctan\left(\frac{hy}{hx}\right)$$

$$offset = \sqrt{hx^2 + hy^2}$$

其中,hx、hy分别为偏移距向量在x、y方向的偏移距分量;dhx、dhy为x、y方向的偏移距增量;ihx、ihy分别为x、y方向的偏移距向量片分组号; φ 为地表方位角;offset为偏移距向量的模,即绝对偏移距;

根据上述OVG道集输出参数信息,在偏移过程中将成像结果自动投影到对应位置,依次实现该成像目标线的OVG道集输出;

在步骤7,针对当前成像目标线,完成孔径内全部相关输入数据的偏移计算,并对相同

成像位置点成像结果求和,实现该成像目标线的OVG道集输出。

2.根据权利要求1所述的积分法成像实现OVG道集直接输出的方法,其特征在于,在步骤4,根据当前成像目标线需要的CMP数据线范围,读取偏移所需的速度场;判断当前目标线与前一目标线是否存在偏移孔径内的速度场重叠;当存在重叠部分时,从数据存储介质获取孔径内新增的非重叠部分速度场,重叠部分的速度场则直接从内存中相应获取,以此节省速度场读取时间。

3.根据权利要求1所述的积分法成像实现OVG道集直接输出的方法,其特征在于,在步骤5,根据当前成像目标线需要的CMP数据线范围,计算该目标线成像所需的旅行时场;判断当前目标线与前一目标线是否存在偏移孔径内的旅行时场重叠;当存在重叠部分时,仅计算孔径内非重叠部分的旅行时场,重叠部分的旅行时场则直接从内存中相应获取,以此节省旅行时场的计算时间。

4.根据权利要求1所述的积分法成像实现OVG道集直接输出的方法,其特征在于,在步骤8,循环计算下一条成像目标线的OVG成像结果,重复步骤2至步骤7,直至完成所有成像目标线的OVG道集输出。

积分法成像实现OVG道集直接输出的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及地震勘探资料处理与解释技术领域,特别是涉及到一种积分法成像实现OVG道集直接输出的方法。

背景技术

[0002] Kirchhoff积分偏移成像方法是目前地震勘探中最主流的成像技术。Kirchhoff积分法叠前偏移通常输出偏移距域成像道集,并已成为地震资料处理中必备的常规处理流程。随着高密度地震采集的出现,Kirchhoff积分偏移生成的OVG (Offset Vector Gather) 成像道集,能够更好地用于层析速度反演,提高偏移速度模型和地震成像质量;用于叠前属性反演与分析,提高油气预测精度。但是,在当前计算机条件下输出OVG道集却仍有较大压力。这是因为输出OVG道集需要输出 $I(nz,ncxline,ninline,nhx,nhy)$ 的一个五维成像道集,其中 nz 为时间或深度方向采样点数, $ncxline$ 为横测线($cxline$)方向的采样点数, $ninline$ 为纵测线($inline$)方向的采样点数, nhx 为纵测线($inline$)方向偏移距采样点数, nhy 为横测线($cxline$)方向偏移距采样点数。该五维数据体 $I(nz,ncxline,ninline,nhx,nhy)$ 的数据规模量级,在当前主流的高精度三维地震采集条件会高达数TB,在高密度三维地震采集条件下会达到十数TB甚至数十TB规模。

[0003] 目前,地震勘探中通常采用的Kirchhoff积分法偏移OVG道集输出技术,首先需要将预处理后CMP域道集数据分选为许多个独立的OVT(Offset Vector Tile)道集,然后对分选后OVT道集逐个进行偏移成像,并得到对应每个OVT偏移的成像体,最终再对所有OVT成像数据体进行重新分选,得到最后的共成像点OVG道集。上述方法需要将偏移前的基础地震数据和偏移后的成像数据进行多次道集分选和重排序,实现过程繁琐,效率极低。特别是针对当前高密度地震采集的海量地震数据,道集重排序不仅产生极大的数据读写和计算耗时,同时也带来极大的存储资源需求压力。因此,亟需形成一种能够以常规预处理后CMP道集为成像所需基础数据,并直接偏移得到OVG道集的成像方法。

[0004] 在申请号:201510924779.0的中国专利申请中,涉及到一种基于双路径积分的速度模型的建立方法及系统,所述方法包括:采集目标数据;确定处理所述目标数据所需的多个待选速度模型;获取每个待选速度模型对应的共成像点道集;基于共成像点道集,获取每个待选速度模型对应的曲率参数及偏移结果;对每个所述偏移结果利用其对应的曲率参数进行两次加权叠加,得到两个路径积分成像剖面;分别计算每个待选速度模型对应的成像点道集的相干值和路径积分成像剖面的相干值;基于相干值,确定待选速度模型中的目标速度模型,目标速度模型用以建立最终偏移速度模型。

[0005] 在申请号:201510924867.0的中国专利申请中,涉及到一种基于双路径积分的速度模型的建立方法及系统,所述方法包括:采集目标数据;确定处理所述目标数据所需的多个待选速度模型;获取每个待选速度模型对应的共成像点道集,进而获取每个待选速度模型对应道集的相干谱及偏移结果;对每个偏移结果利用其对应的相干谱进行两次加权叠加,得到每个两个路径积分成像剖面;分别计算每个待选速度模型对应的共成像点道集的

相干值和路径积分成像剖面的相干值；基于相干值，确定待选速度模型中的目标速度模型，目标速度模型用以建立速度模型。

[0006] 上述两专利所述内容作为一种速度分析与建模的方法，虽涉及到偏移成像内容，但其重点为一种速度分析与建模方法，偏移成像及成像道集输出，仅为其实现过程中数据准备的一个基本操作步骤。上述专利中，作为判断成像道集同相轴相干性的准则，相干值和曲率参数是等价的，或者说二者是对同一参量的进行描述的两种形式。因此，两专利所要申请保护的内容是一致的。利用成像道集同相轴相干谱或者曲率参数进行速度分析，是速度分析与建模中的一种常用做法。通过多个待选模型及其对应的偏移结果，并利用一定的判断标准确定最终结果的办法，是蒙特卡洛类方法的具体表现形式。现有技术中没有一种能够以常规预处理后CMP道集为成像所需基础数据，并直接偏移得到OVG道集的成像方法。

[0007] 为此我们发明了一种新的积分法成像实现OVG道集直接输出的方法，解决了以上技术问题。

发明内容

[0008] 本发明的目的是提供一种更加高效地实现Kirchhoff积分法偏移OVG道集直接输出的方法。

[0009] 本发明的目的可通过如下技术措施来实现：积分法成像实现OVG道集直接输出的方法，该积分法成像实现OVG道集直接输出的方法包括：步骤1，获取偏移计算的参数；步骤2，根据成像目标线位置及偏移孔径，获取所需的预处理后CMP道集；步骤3，根据参与计算的进程数目，将获取的CMP道集数据均分到各个进程；步骤4，读取偏移所需的速度场；步骤5，计算该目标线成像所需的旅行时场；步骤6，计算当前输入地震道对应的OVG成像输出参数信息；步骤7，输出该成像目标线的OVG道集；步骤8，循环计算下一成像目标线。

[0010] 本发明的目的还可通过如下技术措施来实现：

[0011] 在步骤1，获取的偏移计算的参数包括偏移孔径、成像目标线范围、成像时间或深度采样信息、计算进程个数。

[0012] 在步骤2，在获取CMP道集数据后，根据偏移孔径及成像后数据线间距计算所获取输入CMP数据的线范围：

$$[0013] \quad N_{line} = \frac{L_{apt}}{D_{line}}$$

[0014] 其中， N_{line} 表示所需获取的CMP道集数据的线范围， L_{apt} 为偏移计算孔径， D_{line} 为成像后数据线间距。

[0015] 在步骤2，判断当前成像目标线与前一目标线是否存在偏移孔径内的地震数据重叠；当存在重叠部分时，从数据存储介质获取孔径内新增的非重叠部分地震数据，重叠部分的地震数据则直接从内存中相应获取，以此节省地震数据读取时间。

[0016] 在步骤3中，根据参与计算的进程数目 N_{proc} ，将 N_{line} 条线的地震数据均分到 N_{proc} 个进程，每个计算进程的CMP道集数据线数量 $N_{line_per_node}$ 为：

$$[0017] \quad N_{line_per_node} = N_{line} / N_{proc}$$

[0018] 在步骤4，根据当前成像目标线需要的CMP数据线范围，读取偏移所需的速度场；判断当前目标线与前一目标线是否存在偏移孔径内的速度场重叠；当存在重叠部分时，从数

据存储介质获取孔径内新增的非重叠部分速度场,重叠部分的速度场则直接从内存中相应获取,以此节省速度场读取时间。

[0019] 在步骤5,根据当前成像目标线需要的CMP数据范围,计算该目标线成像所需的旅行时场;判断当前目标线与前一目标线是否存在偏移孔径内的旅行时场重叠;当存在重叠部分时,仅计算孔径内非重叠部分的旅行时场,重叠部分的旅行时场则直接从内存中相应获取,以此节省旅行时场的计算时间。

[0020] 在步骤6,根据所获取的地震道数据的炮点和检波点相对位置关系,利用如下公式计算当前输入地震道对应的OVG成像输出参数信息:

$$[0021] \quad ihx = \frac{hx}{dhx}$$

$$[0022] \quad ihy = \frac{hy}{dhy}$$

$$[0023] \quad \varphi = \arctan\left(\frac{hy}{hx}\right)$$

$$[0024] \quad offset = \sqrt{hx^2 + hy^2}$$

[0025] 其中,hx、hy分别为偏移距向量在x、y方向的偏移距分量;dhx、dhy为x、y方向的偏移距增量;ihx、ihy分别为x、y方向的偏移距向量片分组号; φ 为地表方位角;offset为偏移距向量的模,即绝对偏移距;

[0026] 根据上述OVG道集输出参数信息,在偏移过程中将成像结果自动投影到对应位置,依次实现该成像目标线的OVG道集输出。

[0027] 在步骤7,针对当前成像目标线,完成孔径内全部相关输入数据的偏移计算,并对相同成像位置点成像结果求和,实现该成像目标线的OVG道集输出。

[0028] 在步骤8,循环计算下一条成像目标线的OVG成像结果,重复步骤2至步骤7,直至完成所有成像目标线的OVG道集输出。

[0029] 本发明中的积分法成像实现OVG道集直接输出的方法,在密度地震数据Kirchhoff积分法偏移过程中以共中心点(CMP,Common Mid-point)域地震道集为成像所需基础数据,高效偏移并直接生成共成像点OVG(Offset Vector Gather)道集。首先,该方法以成像输出目标线作为主循环,逐条成像线依次运算。针对某条成像输出线,根据偏移孔径确定其成像计算所需数据的纵测线(inline)范围。然后,将所有需要的纵测线(inline)范围内的地震数据平均分配到各个计算进程的内存中。然后,根据当前成像输出线所需要的地震数据坐标范围,计算地震旅行时场,并将对应该条成像目标线的旅行时场分发给所有的计算进程。最后,实现每道数据在成像目标线上的偏移计算,并根据地震数据的纵、横向偏移距,将像投影到该条线的OVG空间,从而得到OVG道集。本发明基于线偏移成像策略,均衡考虑地震数据、速度场、旅行时场、OVG成像道集等对计算机内存的要求,达到利用当今主流计算机群实现高密度地震数据高效偏移和OVG成像道集直接输出的目的。

[0030] 在综合考虑内存使用量、地震数据读写量、旅行时数据读写量、成像结果读写量和偏移成像精度等影响因素基础上,设计了一个面向大规模海量地震数据体的三维Kirchhoff积分法偏移及OVG道集输出的并行实现方案。该方案基于当前主流高性能计算集群特点,以CMP道集作为成像所需基础数据,利用输入道观点实现Kirchhoff积分法叠前偏

移,并输出全方位角度域OVG道集。

[0031] 本发明的积分法成像实现OVG道集直接输出的方法,由于每次只对一条目标线进行成像,即使在成像阶段将成像结果分选到OVG域,成像体的规模仍旧是可接受的,并不会存在过大的内存需求而造成无法计算。在所有进程完成当前目标线的成像后,规约求和得到成像道集,并写入到指定输出文件,即完成一条地震线的OVG道集成像。在完成一条线的数据成像后,内存中去除对下一条目标线成像无贡献的地震数据,并增量读入对下一条目标线成像有贡献的CMP道集数据,重复偏移计算和OVG道集输出步骤,实现新目标线的成像。

[0032] 本发明的积分法成像实现OVG道集直接输出的方法,相较于输出道思想实现的Kirchhoff积分法偏移,所采用策略增加了一次获取的数据量,减少了输出成像体的数据量。在对成像目标线逐条偏移的情况下,通常规模的三维地震数据体,一条目标线成像所需的地震数据获取量通常在500GB以内,如果50个以上节点参与运算,每个节点需要读入的地震数据在10GB以内。对输出OVG道集,每条线需要的存储也在10GB以内。总的内存需求在20GB左右。并且,随着参与的计算节点的增加,分担地震数据的节点增多,单个进程的内存需求会进一步降低,从而进一步降低存储需求的压力,提高计算效率。

[0033] 本发明针对整个三维工区OVG数据体总量庞大的现象,设计一次输出一条目标线的OVG道集数据。相较整个三维工区的OVG道集数据量,内存需求降低两个数量级以上,大大提高了本发明技术实现的可行性和实用性。同时,本发明在成像过程中直接得到共成像点OVG道集。不需要事先抽取OVT数据片并逐个偏移,然后再进行重新排序得到OVG道集,避免了两次极其耗时的大规模数据重排序工作量,大大降低了成像前和成像后地震数据的读写量和磁盘占有量,对于高密度地震数据具有非常好的适应性。

附图说明

[0034] 图1为本发明的积分法成像实现OVG道集直接输出的方法的一具体实施例的流程图;

[0035] 图2为本发明的一具体实施例中在某三维实际资料实施例中应用得到的快慢维为方位角-偏移距排序的OVG道集的示意图;

[0036] 图3为本发明在某三维实际资料实施例中应用得到的快慢维为偏移距-方位角排序的OVG道集的示意图;

[0037] 图4为本发明在某三维实际资料实施例中应用得到OVG叠加剖面的示意图。

具体实施方式

[0038] 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。

[0039] 本发明的积分法成像实现OVG道集直接输出的方法包括了以下步骤:

[0040] 步骤1,获取偏移计算的参数,包括偏移孔径、成像目标线范围、成像时间或深度采样信息、计算进程个数等;

[0041] 步骤2,根据成像目标线位置及偏移孔径,获取所需的预处理后CMP道集。然后,根据偏移孔径及成像后数据线间距计算所获取输入CMP数据的线范围:

$$[0042] \quad N_{line} = \frac{L_{apt}}{D_{line}}$$

[0043] 其中, N_{line} 表示所需获取的CMP道集数据的线范围, L_{apt} 为偏移计算孔径, D_{line} 为成像后数据线间距。

[0044] 在本步骤2, 判断当前成像目标线与前一目标线是否存在偏移孔径内的地震数据重叠; 当存在重叠部分时, 从数据存储介质获取孔径内新增的非重叠部分地震数据, 重叠部分的地震数据则直接从内存中相应获取, 以此节省地震数据读取时间。

[0045] 本步骤所需获取的基础地震数据为常规预处理后的CMP道集, 不需要将地震数据重排序为OVT(Offset Vector Tile)道集, 以降低成像前基础数据准备过程的时间开销。

[0046] 步骤3, 根据参与计算的进程数目 N_{proc} , 将 N_{line} 条线的地震数据均分到 N_{proc} 个进程。每个计算进程的CMP道集数据线数量为:

$$[0047] \quad N_{line_per_node} = N_{line} / N_{proc}$$

[0048] 步骤4, 根据当前成像目标线需要的CMP数据线范围, 读取偏移所需的速度场; 判断当前目标线与前一目标线是否存在偏移孔径内的速度场重叠; 当存在重叠部分时, 从数据存储介质获取孔径内新增的非重叠部分速度场, 重叠部分的速度场则直接从内存中相应获取, 以此节省速度场读取时间。

[0049] 步骤5, 根据当前成像目标线需要的CMP数据线范围, 计算该目标线成像所需的旅行时场。其中, 需判断当前目标线与前一目标线是否存在偏移孔径内的旅行时场重叠。当存在重叠部分时, 仅计算孔径内非重叠部分的旅行时场, 重叠部分的旅行时场则直接从内存中相应获取, 以此节省旅行时场的计算时间。

[0050] 步骤6, 根据所获取的地震道数据的炮点和检波点相对位置关系, 利用如下公式计算当前输入地震道对应的OVG成像输出参数信息,

$$[0051] \quad ihx = \frac{hx}{dhx}$$

$$[0052] \quad ihy = \frac{hy}{dhy}$$

$$[0053] \quad \varphi = \arctan\left(\frac{hy}{hx}\right)$$

$$[0054] \quad offset = \sqrt{hx^2 + hy^2}$$

[0055] 其中, hx 、 hy 分别为偏移距向量在 x 、 y 方向的偏移距分量; dhx 、 dhy 为 x 、 y 方向的偏移距增量; ihx 、 ihy 分别为 x 、 y 方向的偏移距向量片分组号; φ 为地表方位角; $offset$ 为偏移距向量的模, 即绝对偏移距。

[0056] 根据上述OVG道集输出参数信息, 在偏移过程中将成像结果自动投影到对应位置, 依次实现该成像目标线的OVG道集输出;

[0057] 不同于常规以OVT道集为输入的成像方法是将地震数据成像到相应的OVT域, 并在所有OVT数据成像结束后将成像结果重新分选到OVG域。本发明根据输入地震道数据的纵、横向偏移距, 将其成像结果直接投影到对应的OVG域, 避免成像后道集数据的重排序。

[0058] 步骤7, 针对当前成像目标线, 完成孔径内全部相关输入数据的偏移计算, 并对相同成像位置点成像结果求和, 实现该成像目标线的OVG道集输出;

[0059] 本发明以成像目标线为主循环,一次只需要计算并存储当前成像目标线的旅行时场和OVG成像道集,降低旅行时场和OVG成像道集的数据规模。在主流并行计算机框架下,所需地震数据均分后被分发给各个计算进程分散承担,有效降低本发明对计算内存的需求。

[0060] 步骤8,循环计算下一条成像目标线的OVG成像结果,重复步骤2至步骤7,直至完成所有成像目标线的OVG道集输出。

[0061] 在应用本发明的一具体实施例中,如图1所示,图1为本发明的积分法成像实现OVG道集直接输出的方法的流程图。

[0062] 步骤101,获取偏移计算的参数。包括偏移孔径、成像目标线范围、成像时间或深度采样信息、计算进程个数等。

[0063] 步骤102,根据成像目标线位置及偏移孔径,获取所需的预处理后CMP道集。然后,根据偏移孔径及成像后数据线间距计算所获取输入CMP数据的线范围:

$$[0064] \quad N_{line} = \frac{L_{apt}}{D_{line}}$$

[0065] 其中, N_{line} 表示所需获取的CMP道集数据的线范围, L_{apt} 为偏移计算孔径, D_{line} 为成像后数据线间距。

[0066] 在本步骤,需判断当前成像目标线与前一目标线是否存在偏移孔径内的地震数据重叠;当存在重叠部分时,从数据存储介质获取孔径内新增的非重叠部分地震数据,重叠部分的地震数据则直接从内存中相应获取,以此节省地震数据读取时间。

[0067] 步骤103,根据参与计算的进程数目 N_{proc} ,将 N_{line} 条线的地震数据均分到 N_{proc} 个进程。每个计算进程的CMP道集数据线数量为:

$$[0068] \quad N_{line_per_node} = N_{line} / N_{proc}$$

[0069] 步骤104,针对当前需要计算的成像目标线,根据步骤102中确定的成像所需CMP线范围,读取偏移所需的速度场,判断当前目标线与前一目标线是否存在偏移孔径内的速度场重叠。当存在重叠部分时,从数据存储介质获取孔径内新增的非重叠部分速度场,重叠部分的速度场则直接从内存中相应获取。将最终速度场分发给各个计算进程。

[0070] 步骤105,针对当前需要计算的成像目标线,根据步骤102中确定的成像所需CMP线范围,判断当前目标线与前一目标线是否存在偏移孔径内的旅行时重叠。当存在重叠部分时,仅计算孔径内非重叠部分的旅行时场,重叠部分的旅行时场则直接从内存中相应获取,以此节省旅行时场的计算时间。然后将该最终旅行时场分发到各个计算进程。

[0071] 步骤106,每个独立的计算进程,基于其自身对应获取的地震数据、速度场和旅行时场进行偏移运算,并将偏移结果相应位置叠加后得到成像结果。同时,针对每道地震数据,根据其偏移前的纵向偏移距 hy 和横向偏移距 hx 参量,依据下列公式计算的成像参数信息,将成像结果投影到对应的OVG域。

$$[0072] \quad ihx = \frac{hx}{dhx}$$

$$[0073] \quad ihy = \frac{hy}{dhy}$$

$$[0074] \quad \varphi = \arctan\left(\frac{hy}{hx}\right)$$

[0075] $offset = \sqrt{hx^2 + hy^2}$

[0076] 其中, hx 、 hy 分别为偏移距向量在 x 、 y 方向的偏移距分量; dhx 、 dhy 为 x 、 y 方向的偏移距增量; ihx 、 ihy 分别为 x 、 y 方向的偏移距向量片分组号; φ 为地表方位角; $offset$ 为偏移距向量的模,即绝对偏移距。

[0077] 每个共成像点OVT域道集存在两种道排序方式:一种道集排序方式如图2所示,其快维为绝对偏移距 $offset$,慢维为方位角 $azimuth$;另一种道集排序方式如图3所示,其快维为方位角 $azimuth$,慢维为绝对偏移距 $offset$ 。其中,绝对偏移距 $offset = \sqrt{hx^2 + hy^2}$,方位角 $azimuth$ 为当前道炮检点连线与正北方向的顺时针旋转角度。

[0078] 不同于常规基于OVT道集的成像方法将地震数据成像到相应的OVT域,并在所有OVT数据成像结束后将其重新分选到OVT域。本发明根据CMP域地震道数据的纵、横向偏移距,将其成像结果直接投影到对应的OVT域,省却了成像后OVT道集数据重排序的时间。

[0079] 步骤107,针对处在当前循环中的成像目标线,各个进程分别完成所负责CMP道集偏移计算后,对各进程负责的各个独立成像结果进行规约,实现该成像目标线上各个共成像点的OVT道集输出。图4为本发明在某三维实际资料实施例中应用得到某条目标线的OVT道集叠加剖面。

[0080] 由于本发明所述方法以成像目标线为主循环,每次只需要计算并存储当前成像目标线的地震数据、速度场、旅行时场和OVT道集,大大降低了偏移计算过程中的数据规模。同时,由于本发明采用多节点多进程并行计算策略,在偏移过程中,设计将所需地震数据、速度场、旅行时场合理分发给各个进程分散承担,有效降低了对计算内存的需求。相较于常规Kirchhoff积分法偏移,本发明所采用策略虽一定程度上增加了单次获取的地震数据量,但很大程度上减少了输出成像体的数据量。在对成像目标线逐条偏移的情况下,通常规模的三维地震数据体,一条目标线成像所需的地震数据获取量通常在500GB以内,如果50个以上节点参与运算,每个节点需要读入的地震数据在10GB以内。对于要输出的OVT道集,每条线需要的存储也在10GB以内。总的内存需求在20GB左右。并且,随着参与的计算节点的增加,分担所获取数据的节点数目增多,单个进程的内存需求会进一步降低,从而进一步降低了对存储需求的压力,提高计算效率。

[0081] 本发明针对整个三维工区的OVT道集数据体总量庞大的现象,设计一次输出一条目标线的OVT道集数据。相较整个三维工区的OVT道集数据量,内存需求降低两个数量级以上,大大提高了本发明技术实现的可行性和实用性。同时,本发明在成像过程中直接得到共成像点OVT道集。不需要事先抽取OVT数据片并逐个偏移,然后再进行重新排序得到OVT道集,避免了两次极其耗时的大规模数据重排序工作量,大大降低了成像前和成像后地震数据的读写量和磁盘占有量,对于高密度地震数据具有非常好的适应性。

[0082] 步骤108,循环计算下一条目标线的成像结果,重复步骤2至步骤6,直至完成所有成像目标线的OVT道集输出。

[0083] 本发明的种积分法成像实现OVT道集直接输出的方法,在整体设计过程中,综合考虑了内存使用量、地震数据读写量、旅行时数据读写量、成像结果读写量和偏移成像精度等因素影响,优化形成了一个面向大规模海量地震数据,特别是高密度地震采集数据的三维Kirchhoff积分法偏移,以及OVT道集直接输出的并行实现方案。该方案基于当前主流高性

能计算集群特点,以CMP道集作为成像所需基础数据,利用输入道观点实现Kirchhoff积分法叠前偏移,并输出全方位角度域共成像点OVG道集。

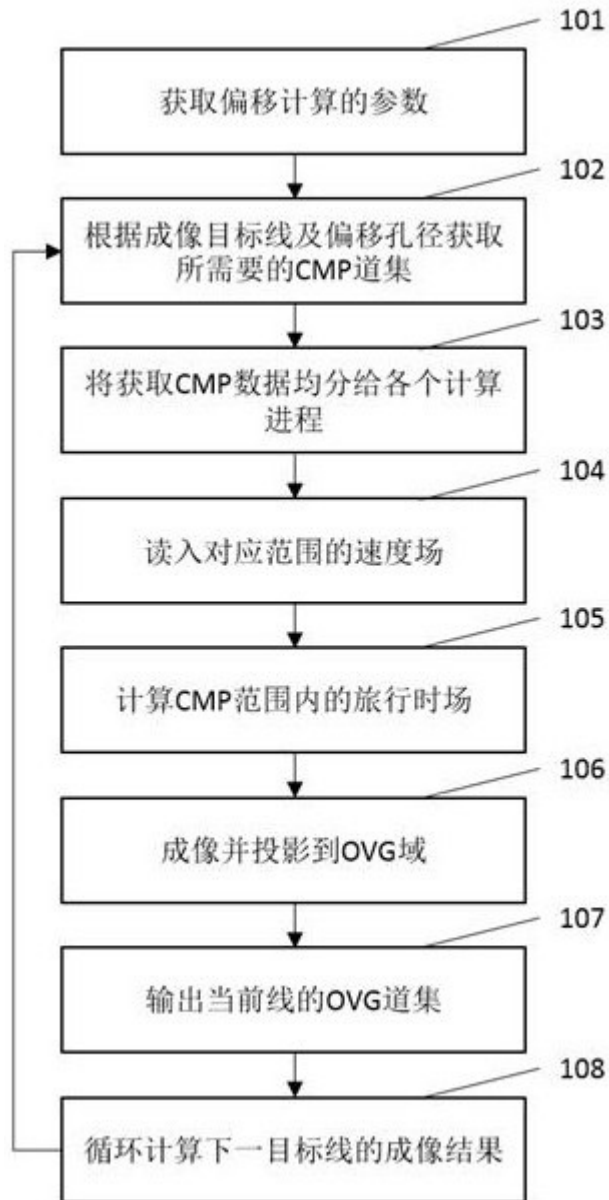


图1

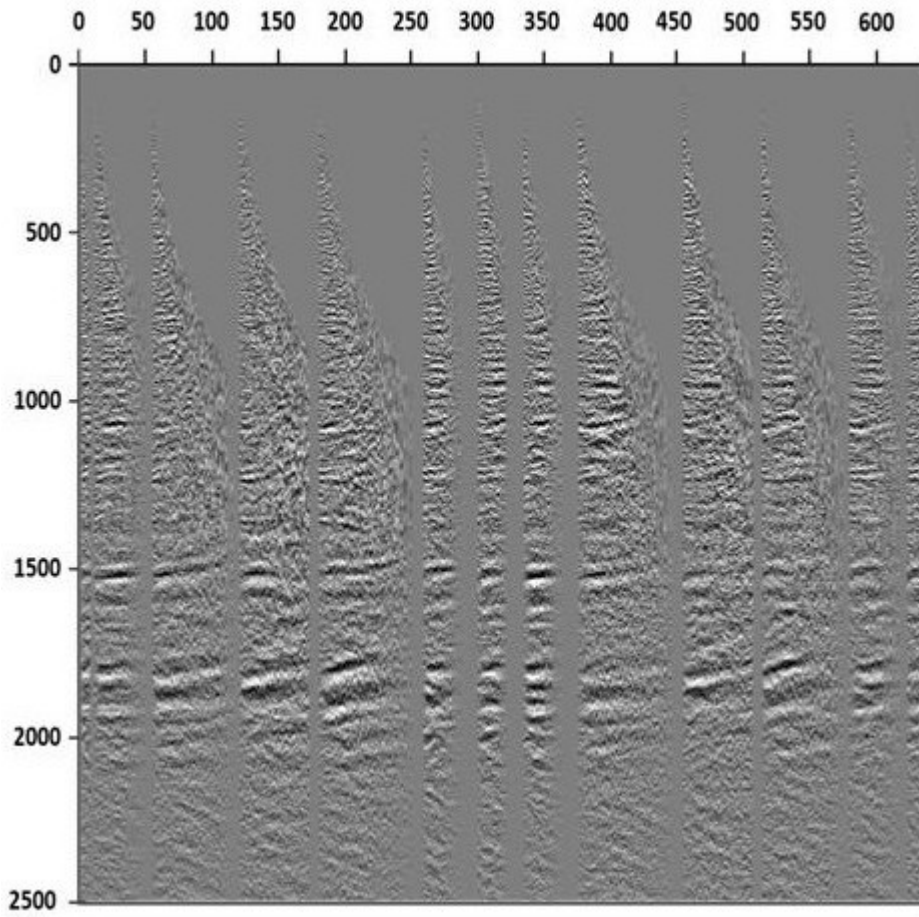


图2

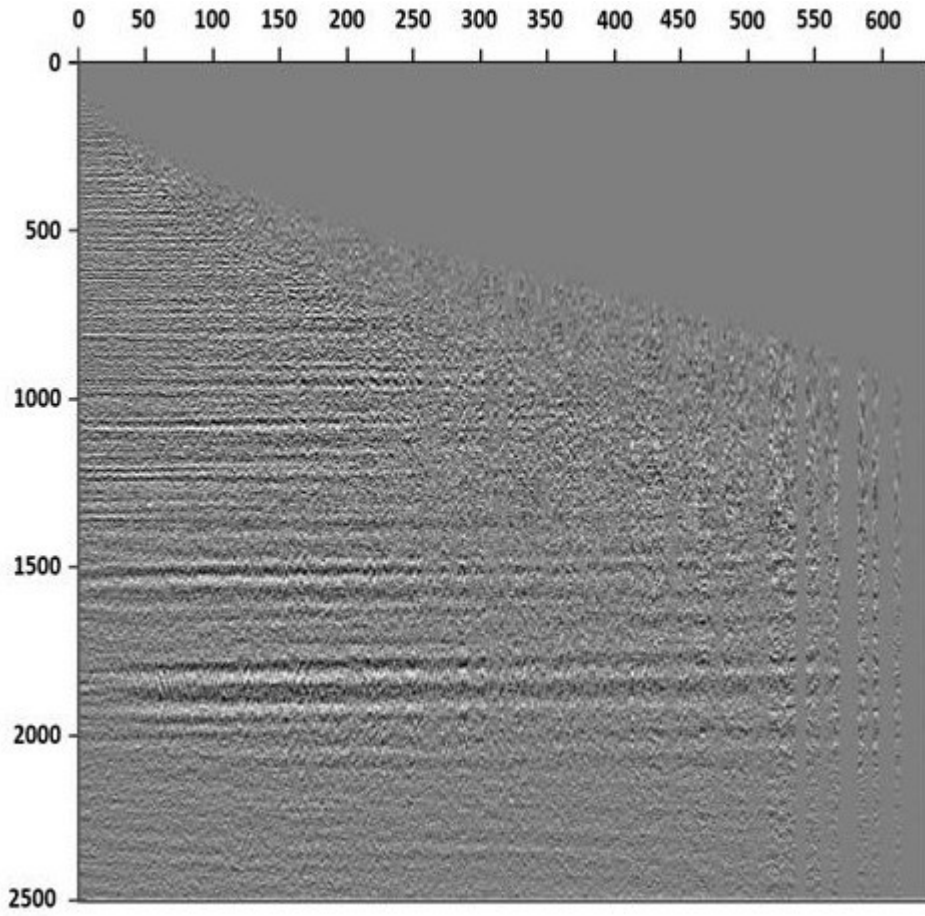


图3

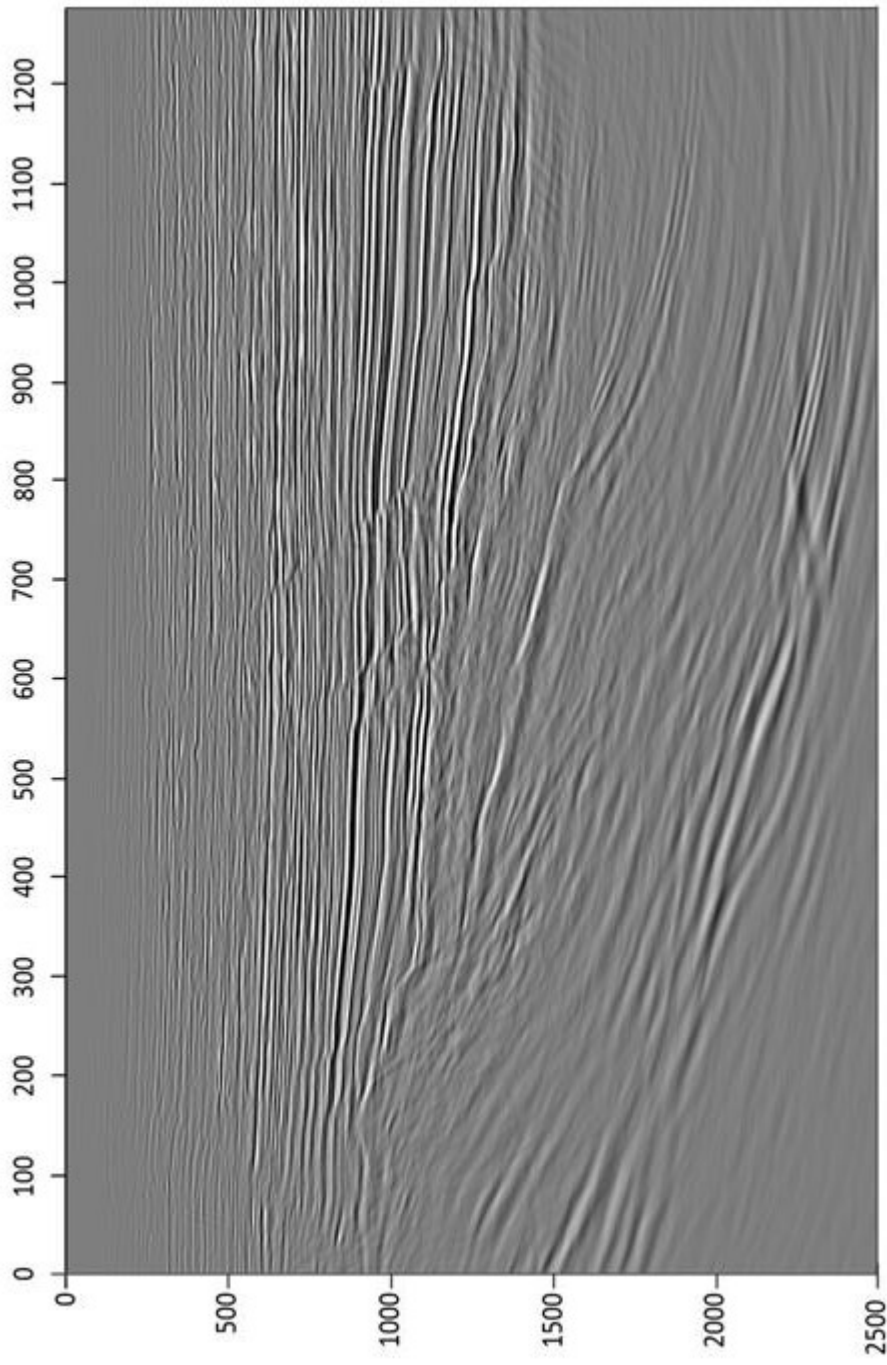


图4