



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108369287 A

(43)申请公布日 2018.08.03

(21)申请号 201680067358.3

(22)申请日 2016.09.20

(30)优先权数据

14/864,345 2015.09.24 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.05.17

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2016/052659 2016.09.20

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/053291 EN 2017.03.30

(71)申请人 费尔菲尔德工业公司

地址 美国德克萨斯州

(72)发明人 C·尤登加德

(74)专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有限公司 11270

代理人 康艳青 姚开丽

(51)Int.Cl.

G01V 1/28(2006.01)

G01V 1/36(2006.01)

G01V 1/38(2006.01)

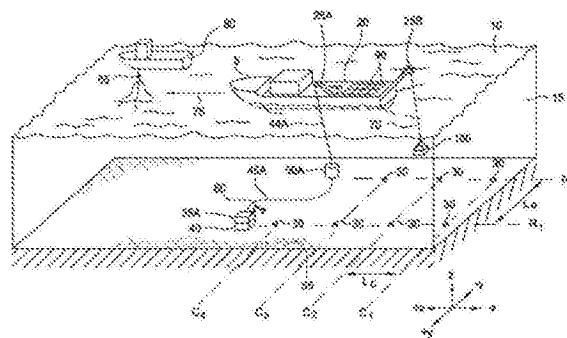
权利要求书3页 说明书14页 附图4页

(54)发明名称

确定节点深度和水柱通过速度

(57)摘要

提供了检测海洋地震勘测参数的系统和方法。数据处理系统可以响应于从声源传播通过水柱的声学信号,从设置在海床上的地震数据采集单元获得地震数据。数据处理系统可以根据地震数据确定多个地震数据采集单元中的每一个处的声学信号的直接到达时间,并且可以获得多个地震数据采集单元中的每一个的估计的深度值以及声学信号的估计的水柱通过速度。数据处理系统可以将深度模型和水柱通过速度模型应用于估计的深度值和估计的水柱通过速度,以确定多个地震数据采集单元中的每一个的更新的深度值和更新的水柱通过速度。



1. 一种用于地震勘测的检测地震数据采集单元深度和声学信号水柱通过速度的方法，包括：

由数据处理系统获得由设置在海床上的多个地震数据采集单元响应于从声源通过水柱传播的声学信号而采集的地震数据；

由所述数据处理系统从所述地震数据确定所述多个地震数据采集单元中的每一个处的所述声学信号的直接到达时间；

获得多个地震数据采集单元中的每一个的估计的深度值和声学信号的估计的水柱通过速度；

基于多个地震数据采集单元中的每一个处的声学信号的直接到达时间、所述估计的深度值和所述估计的水柱通过速度来识别平均行程时间误差值；

根据所述平均行程时间误差值确定行程时间误差的初始平均绝对偏差；

将深度模型和水柱通过速度模型应用于所述估计的深度值和所述估计的水柱通过速度，以使用所述行程时间误差的初始平均绝对偏差来确定多个地震数据采集单元中的每一个的更新的深度值和更新的水柱通过速度；以及

由所述数据处理系统创建指示所述多个地震数据采集单元中的每一个的更新的深度值的数据结构。

2. 如权利要求1所述的方法，包括：

提供所述数据结构的渲染用于在计算设备处显示。

3. 如权利要求1所述的方法，包括：

识别所述声学信号和所述多个地震数据采集单元中的每一个的第一层水柱通过速度；

基于所述第一层水柱通过速度和所述更新的水柱通过速度确定所述声学信号和所述多个地震数据采集单元中的每一个的第二层水柱通过速度。

4. 如权利要求3所述的方法，其中，所述水柱包括第一层和第二层，所述方法包括：

基于所述声学信号和所述多个地震数据采集单元中的每一个的所述第二层水柱通过速度确定所述声学信号的平均第二层水柱通过速度；以及

识别第二层水柱的时变第二层水柱通过速度，其中所述第二层水柱比所述第一层水柱浅。

5. 如权利要求4所述的方法，包括：

创建包括所述声学信号的平均第二层水柱通过速度的数据结构。

6. 如权利要求1所述的方法，其中，将所述深度模型和所述水柱通过速度模型应用于所述估计的深度值和所述估计的水柱通过速度包括：

确定所述多个地震数据采集单元中的每一个的估计的到达时间与所述直接到达时间之间的更新的行程时间误差；

确定更新的平均行程时间误差；

使用所述更新的行程时间误差来确定更新的平均绝对偏差。

7. 如权利要求1所述的方法，其中，所述更新的深度值是第一更新的深度值，并且所述更新的水柱通过速度是第一水柱通过速度，所述方法包括：

识别更新的平均绝对偏差；

确定所述更新的平均绝对偏差小于所述初始平均绝对偏差；

用第二更新的深度值代替所述第一更新的深度值;以及
用第二水柱通过速度代替第一水柱通过速度。

8. 如权利要求1所述的方法,其中,所述更新的深度值是所述第一更新的深度值,并且所述更新的水柱通过速度是第一水柱通过速度,所述方法包括:

识别第二更新的深度值和第二水柱通过速度;
确定更新的平均绝对偏差;
确定所述更新的平均绝对偏差大于所述初始平均绝对偏差;
丢弃所述第二更新的深度值;以及
丢弃所述第二水柱通过速度。

9. 如权利要求1所述的方法,包括:

调整所述估计的深度值以识别更新的估计深度值;以及
将所述深度模型应用于所述更新的估计深度值,以确定更新的深度值。

10. 如权利要求1所述的方法,包括:

调整估计的水柱通过速度,以识别更新的估计深度值;以及
将所述水柱通过速度模型应用于所述更新的估计深度值,以确定所述更新的深度值。

11. 如权利要求1所述的方法,包括:

将所述地震数据采集单元从船舶部署到海床。

12. 如权利要求1所述的方法,包括:

由所述地震数据采集单元获取所述地震数据。

13. 如权利要求1所述的方法,包括:

由所述数据处理系统响应于从多个地震源传播的多个声学信号而获得所述地震数据。

14. 如权利要求1所述的方法,包括:

致动地震源以生成所述声学信号。

15. 一种检测与海上地震勘测有关的参数的系统,包括:

数据处理系统,所述数据处理系统具有深度值生成模块和水柱通过速度生成模块,所述数据处理系统被配置为:

响应于从声源通过水柱传播的声学信号,获得由布置在海床上的多个地震数据采集单元采集的地震数据;

从所述地震数据确定所述多个地震数据采集单元中的每一个处的所述声学信号的直接到达时间;

获得所述多个地震数据采集单元中的每一个的估计的深度值和所述声学信号的估计的水柱通过速度;

基于所述多个地震数据采集单元中的每一个处的声学信号的直接到达时间、估计的深度值和估计的水柱通过速度来识别平均行程时间误差值;

根据所述平均行程时间误差值确定行程时间误差的初始平均绝对偏差;

将深度和水柱通过速度模型应用于估计的深度值和估计的水柱通过速度,来确定所述多个地震数据采集单元中的每一个的更新的深度值和更新的水柱通过速度;以及

创建指示所述多个地震数据采集单元中的每一个的更新的深度值的数据结构。

16. 如权利要求15所述的系统,其中,所述多个地震数据采集单元采集所述地震数据。

17. 如权利要求15所述的系统,包括:

产生所述声学信号的地震源。

18. 如权利要求15所述的系统,包括所述数据处理系统被配置为:

确定所述多个地震数据采集单元中的每一个的估计的到达时间与所述直接到达时间之间的更新的行程时间误差;

确定更新的平均行程时间误差;以及

使用所述更新的行程时间误差来确定更新的平均绝对偏差。

19. 如权利要求15所述的系统,其中,所述更新的深度值是第一更新的深度值,并且所述更新的水柱通过速度是第一水柱通过速度,包括所述数据处理系统被配置成:

识别更新的平均绝对偏差;

确定所述更新的平均绝对偏差小于所述初始平均绝对偏差;

用第二更新的深度值替换所述第一更新的深度值;以及

用第二水柱通过速度替换所述第一水柱通过速度。

20. 一种存储指令的计算机可读存储介质,所述指令在由一个或多个数据处理器执行时使所述一个或多个数据处理器执行以下的操作:

作为地震勘测的一部分,响应于从声源通过水柱传播的声学信号,获得由布置在海床上的多个地震数据采集单元采集的地震数据;

根据所述地震数据确定所述多个地震数据采集单元中的每一个处的所述声学信号的直接到达时间;

获得所述多个地震数据采集单元中的每一个的估计的深度值和所述声学信号的估计的水柱通过速度;

基于所述多个地震数据采集单元中的每一个处的声学信号的直接到达时间、估计的深度值和估计的水柱通过速度来识别平均行程时间误差值;

根据所述平均行程时间误差值确定行程时间误差的初始平均绝对偏差;

确定所述多个地震数据采集单元中的每一个的更新的深度值和更新的水柱通过速度;

以及

创建指示所述多个地震数据采集单元中的每一个的更新的深度值的数据结构。

确定节点深度和水柱通过速度

[0001] 相关申请

[0002] 本专利申请要求于2015年9月24日提交并且转让给本申请的受让人且通过引用明确地并入本文的题为“DETERMINING NODE DEPTH AND WATER COLUMN TRANSIT VELOCITY (确定节点深度和水柱通过速度)”的美国实用专利申请第14/864,345号的优先权。

背景技术

[0003] 可以评估地震数据以获得关于地下特征的信息。该信息可以指示地球地下部分的地质剖面,例如盐丘、基岩或地层圈闭,并且可以被解释为指示可能存在或不存在矿物、碳氢化合物、金属或其他元素或沉积物。

发明内容

[0004] 至少一个方面涉及一种用于地震勘测的检测地震数据采集单元深度和声学信号水柱通过速度的方法。该方法可以包括通过数据处理系统获得由设置在海床上的多个地震数据采集单元响应于从声源通过水柱传播的声学信号而采集的地震数据。该方法可以包括:由数据处理系统从地震数据确定多个地震数据采集单元中的每一个处的声学信号的直接到达时间。该方法可以包括获得多个地震数据采集单元中的每一个的估计的深度值和声学信号的估计的水柱通过速度。该方法可以包括:基于多个地震数据采集单元中的每一个处的声学信号的直接到达时间、估计的深度值和估计的水柱通过速度来识别平均行程时间误差值。该方法可以包括根据平均行程时间误差值来确定行程时间误差的初始平均绝对偏差。该方法可以包括:将深度模型和水柱通过速度模型应用于估计的深度值和估计的水柱通过速度,以使用行程时间误差的初始平均绝对偏差来确定所述多个地震数据采集单元中的每一个的更新的深度值和更新的水柱通过速度。该方法可以包括:由数据处理系统创建指示多个地震数据采集单元中的每一个的更新的深度值的数据结构。

[0005] 至少一个方面涉及一种检测与海洋地震勘测有关的参数的系统。该系统可以包括具有深度值生成模块和水柱通过速度生成模块的数据处理系统。数据处理系统可以获得由布置在海床上的多个地震数据采集单元响应于从声源通过水柱传播的声学信号而采集的地震数据。数据处理系统可以根据地震数据确定多个地震数据采集单元中的每一个处的声学信号的直接到达时间。数据处理系统可以获得多个地震数据采集单元中的每一个的估计的深度值以及声学信号的估计的水柱通过速度。数据处理系统可以基于多个地震数据采集单元中的每一个处的声学信号的直接到达时间、估计的深度值和估计的水柱通过速度来识别平均行程时间误差值。数据处理系统可以根据平均行程时间误差值确定行程时间误差的初始平均绝对偏差。数据处理系统可以将深度模型和水柱通过速度模型应用于估计的深度值和估计的水柱通过速度,以确定多个地震数据采集单元中的每一个的更新的深度值和更新的水柱通过速度。数据处理系统可以创建指示多个地震数据采集单元中的每一个的更新的深度值的数据结构。

[0006] 至少一个方面涉及存储指令的计算机可读存储介质,所述指令在由一个或多个数

据处理器执行时使所述一个或多个数据处理器执行操作。作为地震勘测的一部分,所述操作可以包括获得由设置在海床上的多个地震数据采集单元响应于从声源通过水柱传播的声学信号而采集的地震数据。操作可以包括从地震数据确定多个地震数据采集单元中的每个地震数据采集单元处的声学信号的直接到达时间,并且获得多个地震数据采集单元中的每个的估计的深度值以及声学信号的估计的水柱传播速度。操作可以包括基于多个地震数据采集单元中的每一个处的声学信号的直接到达时间、估计的深度值和估计的水柱通过速度来识别平均行程时间误差值。操作可以包括根据平均行程时间误差值来确定行程时间误差的初始平均绝对偏差。操作可以包括确定多个地震数据采集单元中的每一个的更新的深度值和更新的水柱通过速度。操作可以包括创建指示多个地震数据采集单元中的每一个的更新的深度值的数据结构。

[0007] 下面详细讨论这些和其他方面和实现方式。前述信息和以下详细描述包括各个方面和实现方式的说明性示例,并且提供用于理解所要求保护的方面和实现方式的本质和特征的概述或框架。附图提供了对各个方面和实现方式的进一步的说明和理解,并且被合并在本说明书中并构成其一部分。

附图说明

[0008] 附图不旨在按比例绘制。在各个附图中相同的附图标记和标记表示相同的元件。为了清楚起见,并非每个组件都可以在每张图中标注。在附图中:

[0009] 图1是根据说明性实现方式描绘用于检测与海上地震勘测有关的参数的示例系统的示意图;

[0010] 图2是根据说明性实现方式描绘用于检测与海上地震勘测有关的参数的示例环境的框图;

[0011] 图3是描绘根据说明性实现方式的检测地震数据采集单元深度和声学信号水柱通过速度的方法的流程图;以及

[0012] 图4是说明可用于实现本文描述和说明的系统和方法的计算机系统的体系结构的框图。

具体实施方式

[0013] 下面是关于确定或估计一个或多个接收器(例如与地震勘测相关联的地震数据采集单元)的深度以及确定或估计通过水柱传播到地震源或从地震源传播的声学信号或其他信号的水柱通过速度的方法、设备和系统且它们的实现的各种概念的更详细描述。上面介绍并在下面更详细讨论的各种概念可以用许多方式中的任何一种来实现。

[0014] 本公开的系统和方法总体上涉及确定或检测诸如与海上地震勘测相关的地震数据采集单元深度或声学信号水柱通过速度的参数。这里描述的数据处理系统可以确定多个地震数据采集单元的地震数据采集单元深度,并且可以根据(或者有时仅根据)地震数据来确定一个或多个声学信号的水柱通过速度,所述地震数据可以包括定时信息。通过将深度模型和水柱通过速度模型应用于地震数据,数据处理系统可以在任何给定地震数据采集单元的定时误差存在的情况下,并且对于例如与行程时间反演技术一起呈现的接收机深度或水流速度的起始模型没有零均值误差假设的情况下,从地震数据中或同时从地震数据中确

定地震数据采集单元深度和声学信号水柱通过速度。例如,由于与地震勘测的区域中的不平整海床135相关联的深度变化,使用行程时间反演技术的单元深度误差可能不是基于零均值误差的。

[0015] 图1描绘了用于检测与海上地震勘测有关的参数的系统100。系统100可以包括至少一个船舶105,诸如实施海上地震勘测的舰船。例如,船舶105可沿行驶方向115行驶通过水体110。水体110可以包括淡水、盐水、混合水、大量海洋、海水或湖泊,或混合或过渡区域,例如入口、三角洲或海湾。船舶105可以包括,装备或牵引至少一个穿过水体110的地震源120。

[0016] 地震源120可以包括产生地震能量的至少一个气枪或其他设备。地震源120可被拖曳在船舶105的后面或定位在船舶105的下方,并且被布置在水体110的表面之下。例如,至少一根缆索125可以将地震源120拖曳在船舶后方,位于在水体110的表面以下2米和80米之间的深度处。在一个实施方式中,地震源深度在水体110的表面下方10米处。地震源120可以致动以产生从地震源120传播通过水柱130的至少一个声能脉冲(例如,至少一个声学信号),在那里它穿过海床135并穿透地球表面之下。声能可以反射或折射地下特征,例如地质边界或层。可以通过设置在海床135上的至少一个地震数据采集单元140将反射或折射的信号检测或记录为地震数据。在一些实施方式中,多个地震源120布置在各种尺寸的单独气枪阵列中,布置在相同或变化的深度处,单独气枪阵列可以同时致动以产生声学信号或者顺序地致动以产生多个声学信号。此外,多根缆索125可以将多个地震源120附接到船舶105。例如,船舶105可以拖曳多根缆索125,并与以平行线或网格配置布置并附接到缆索125的地震源120并行。

[0017] 系统100可以包括多个地震数据采集单元140。地震数据采集单元140可以各自包括至少一个地震检波器或水听器以检测地震数据。地震数据采集单元140每个都可以包括至少一个电源、存储器、水听器、地震检波器和以从地震数据采集单元140传输出地震数据的通信接口。地震数据采集单元140可以从与地震源相关联的船舶105,或者从不同的船舶部署到海床135。一个或多个远程操作车辆(ROV)可协助地震数据采集单元140的部署和收集。例如,ROV可以是其能够将地震数据采集单元140放置在海床135上或从海床135收集的水下自主车辆。地震数据采集单元140可以以诸如网格图案(例如,对称形式)的阵列布置在海床135上。每个地震数据采集单元140可以采集和存储地震数据。在例如通过ROV或通过缆索进行取回时,可以从地震数据采集单元140提取或获取地震数据。例如,地震数据可以从地震数据采集单元140传输或手动提取。地震数据可以被解释为识别可能指示存在矿物质、碳氢化合物或各种土族元素的地质边界或地层。除了ROV或手动地震数据提取之外,地震数据采集单元140还可以使用连接到地震数据采集单元的至少一条数据通信缆索的有线通信或者通过诸如在地震数据采集单元140和附加的中继、计算或数据存储设备之间通过水柱130的诸如激光或基于光学的地下通信的无线通信将采集的地震数据发送到数据库或数据处理系统。

[0018] 参考图2,其中,系统100可以包括至少一个数据处理系统205,诸如至少一个逻辑设备,诸如计算设备、服务器、个人计算机、膝上型计算机、台式计算机、平板电脑、移动设备、个人数字助理或具有至少一个处理器的智能电话计算设备。数据处理系统205可以位于船舶105上,或者在陆基设施中与船舶105分开。数据处理系统205可以包括至少一个服务

器。例如,数据处理系统205可以包括位于至少一个数据中心或服务器群中的多个服务器。数据处理系统205可以根据地震数据估计或以其他方式确定地震数据采集单元深度和声学信号水柱通过速度。在一些实施方式中,数据处理系统205专门从包括与声学信号有关的定时信息的地震数据估计或确定地震数据采集单元深度和声学信号水柱通过速度。

[0019] 数据处理系统205可以包括至少一个水柱通过速度生成模块210、至少一个深度值生成模块215和至少一个数据库220。水柱通过速度生成模块210和深度值生成模块215可以各自包括至少一个处理单元、服务器、虚拟服务器、电路、引擎、代理、设备或被配置为与数据库220和其他计算设备225(例如,通过计算机网络的其他膝上型计算机、个人计算机、台式计算机、平板计算机或智能手机计算设备)通信的其他逻辑设备,诸如可编程逻辑阵列。例如,数据库220可以存储从地震数据获取单元140获得的地震数据以及由水柱通过速度生成模块210和深度值生成模块215生成的数据。

[0020] 水柱通过速度生成模块210和深度值生成模块215可以包括或执行至少一个计算机程序或至少一个脚本。水柱通过速度生成模块210和深度值生成模块215可以是分离的组件、单个组件或数据处理系统205的一部分。水柱通过速度生成模块210和深度值生成模块215可以包括软件和硬件的组合,诸如一个或多个处理器,被配置为从地震数据采集单元140获取和评估地震数据,确定在一个或多个地震数据采集单元140处的声学信号的直接到达时间,获得一个或多个地震数据采集单元140的估计的深度值,获得一个或多个地震数据采集单元140的估计的水柱通过速度,识别地震数据的平均行程时间误差值和平均行程时间误差值的初始平均绝对偏差值,将深度模型和水柱通过速度模型应用于估计的深度值和估计的水柱通过速度以确定更新的深度值和更新的水柱速度,并且创建指示例如更新的深度值或更新的水柱速度的一个或多个数据结构。

[0021] 数据处理系统205可以包括被配置为(直接在监视器处或通过经由计算机网络与另一计算设备(例如计算设备225)通信来间接)显示数据的服务器或终端用户计算设备,诸如一个或多个地震数据采集单元140的更新的深度值或声学信号的更新的水柱通过速度以及诸如指示地质边界、层、地层、矿物或碳氢化合物沉积物的存在或不存在的地震数据的解释的其他数据或其他诸如盐丘的条件。数据处理系统205可以包括台式计算机、膝上型计算机、平板电脑、智能电话、个人数字助理、移动设备、终端用户计算设备、消费者计算设备、服务器、客户端和其他计算设备。数据处理系统205可以包括诸如麦克风、扬声器、触摸屏、键盘、指点设备、计算机鼠标、触摸板或其他输入或输出接口的用户接口。

[0022] 数据处理系统205可以包括作为地震数据解译系统的一个或多个服务器的一部分的水柱通过速度生成模块210或深度值生成模块215,以直接、手动地(经由存储棒、磁盘或可移除介质从地震数据采集单元140传输到数据处理系统205)或经由诸如因特网或局域网、广域网或城域网的有线或无线网络从地震数据采集单元140接收地震数据,并且提供诸如指示地震数据采集单元140在布置在海床135上时的地下深度的更新的深度值的输出数据,以及指示通过水柱130从地震源120到地震数据采集单元140或反之亦然的一个或多个声学信号的速度的更新的水柱通过速度值。

[0023] 水柱通过速度生成模块210或深度值生成模块215可以是数据处理系统205中的一个或多个服务器(例如,搜索引擎系统)的一部分或者可以包括由数据处理系统205中的一个或多个服务器(例如,搜索引擎系统)执行的脚本,以确定深度值和水柱通过速度值。水柱

通过速度生成模块210可以是与数据处理系统205中的深度值生成模块215相同的计算设备或不同的计算设备的一部分。根据地震数据,水柱通过速度生成模块210可以确定水柱通过速度值,并可以改进或更新这些值。同样根据地震数据,深度值生成模块215可以确定地震数据采集单元140的深度值,并且可以更新那些值。

[0024] 数据处理系统205可以包括经由网络与彼此通信的多个服务器或其他计算设备(膝上型、台式、移动、平板或智能手机计算设备)。该网络可以包括计算机网络,例如互联网、局域网、广域网、城域网或其他区域网络、内联网、卫星网络、诸如语音或数据移动电话通信网络的其他计算机网络,以及它们的组合。

[0025] 在一些实现方式中,数据处理系统205可以获得地震数据。例如,船舶105可以拖曳至少一个地震源120。地震源120可以被致动以产生传播通过水柱130的至少一个声学信号。至少一些声学信号可以穿过海床135向下进入地球,并且反射或折射地下地质构造,返回(例如,向上)到海床135的表面(例如,海底)。地震数据采集单元140可以检测,收集,采集或记录该反射或折射的地震数据。然后可以将地震数据从地震数据采集单元140传输(例如,通过有线,无线,手动,光学或直接传输)到数据处理系统205。数据处理系统205可以在存在于船舶105上时(例如,作为布置在船舶105的控制站中的计算设备)或在基于陆地的位置处获取地震数据。因此,数据处理系统205可以响应于来自声源的声学信号通过水柱传播,而获得地震数据采集单元140首先采集的地震数据。地震数据可以包括与地震源120的致动有关的定时数据或与由地震数据采集单元140采集地震数据的时间有关的定时数据。

[0026] 根据地震数据,数据处理系统205可以确定每个或至少一个地震数据采集单元140处的声学信号的直接到达时间。直接到达时间指示从声学信号的产生到地震数据采集单元140检测到地震数据的时间段。数据处理系统205可以使用第一中断拾取检测技术来确定直接到达时间。例如,数据处理系统205可以通过在应用源反信号之后确定地震小波的最大振幅的时间来确定直接到达时间。由数据处理系统205分析以确定直接到达时间的地震数据可以是未处理的或与由地震数据采集单元140采集的地震数据相比未改变的原始小波,或者可以被过滤以去除最小相位或零相位发生。

[0027] 数据处理系统205(或其组件,诸如深度值生成模块215)可以确定多个地震数据采集单元140中的每一个的估计的深度值。例如,估计的深度值可以是在水柱130底部设置在海底135上的地震数据采集单元140的初始估计的深度。数据处理系统205可以更新该初始估计的深度值以确定如本文所述的更精确的更新的深度值。在一些实施方式中,配备有压力传感器或其他深度传感器的远程操作车辆(ROV)或自主水下车辆(AUV)(例如无人潜艇)可以通常通过地震数据采集单元140附近(例如50米内)并且基于水压或其他测量可以确定深度。数据处理系统205可以获得该信息(或者根据从ROV或AUV或从地震数据采集单元140本身接收的压力或其他信息来确定估计的深度),并且可以将深度值分配给每个地震数据采集单元140。数据处理系统205还可以从经由从船舶105实施的回声探测、声纳或回声测深仪技术获得的数据或者从例如从数据库220获得的预先存在的数据中确定每个地震数据采集单元140的估计的深度值。地震数据采集单元140的估计的深度值可以在地震数据采集单元140的实际深度的100米内。在一些实施方式中,估计的深度值在地震数据采集单元的实际深度值的50米内。

[0028] 数据处理系统205的水柱通过速度生成模块210或其他组件可以获得声学信号的

至少一个估计的水柱通过速度。估计的水柱通过速度可以通过水柱130的声学信号的初始估计的通过速度。估计的水柱通过速度可以是预定的(例如,而不是测量的)速度。例如,估计的水柱通过速度可以是1500米/秒的预定时间常数和深度不变水速度,尽管可以使用高于和低于该值的其他值。如本文所述,数据处理系统205可以更新该初始估计的水柱通过速度以确定更精确的更新的水柱通过速度。

[0029] 数据处理系统205可基于多个地震数据采集单元140中的每一个处的声学信号的直接到达时间以及基于声学信号的估计的深度值和估计的水柱通过速度来识别或确定多个地震数据采集单元140中的每一个处的声学信号的平均行程时间误差值。

[0030] 行程时间误差可以是建模的行程时间与实际拾取的行程时间或直接到达时间之间的差异,例如由以下等式表示:

$$[0031] \quad T_{error}(s, r, t) = \frac{\sqrt{(s_x - r_x)^2 + (s_y - r_y)^2 + (s_z - r_z)^2}}{v(t, r_z)} - DA(s, r)$$

[0032] 在这个等式中,s是唯一的来源,r是唯一的接收者。坐标 s_x , s_y 和 s_z 是建模的源X,Y和Z坐标。坐标 r_x , r_y 和 r_z 是建模的接收器X,Y和Z坐标,在这个过程中, r_z 是可变的。变量 $v(t, r_z)$ 是声学信号(例如镜头)和接收器深度时的时间和深度可变速度函数。 $DA(s, r)$ 是唯一源接收器对的拾取的直接到达时间。

[0033] 例如,数据处理系统205可以确定单个地震数据采集单元140的行程时间误差,其指示给定地震数据采集单元140的确定的直接到达时间(根据地震数据确定)与基于该给定地震数据采集单元140的估计的深度值和估计的水柱通过速度的模型到达时间之间的时间差。数据处理系统205可以平均每个地震数据采集单元140的行程时间误差值以识别或确定针对地震勘测或其一部分的平均行程时间误差值,例如从至少一个地震源120传播的一个或多个声学信号。

[0034] 根据平均行程时间误差值,数据处理系统205可以确定行程时间误差的初始平均绝对偏差。使用初始定义的速度和接收器深度,初始平均绝对偏差可以根据给定船舶航迹的初始模型的行程时间误差来确定。平均绝对偏差可以是行程时间误差与平均行程时间误差之差的绝对值的平均值,例如由以下等式表示,其中 $T_{error}(s, r, t)$ 是给定的轨迹(唯一的源接收器对)的行程时间误差,n是分析的轨迹分组中的轨迹数量:

$$[0035] \quad Error_{mean} = \frac{\sum T_{error}(s, r, t)}{n}$$

$$[0036] \quad \text{平均绝对偏差} = \frac{\sum |T_{error}(s, r, t) - Error_{mean}|}{n}$$

[0037] 这可以应用于选择用于分析的偏移范围内的航行线、源通过或任何其他空间位置和采集时间合理接近的收集源空间位置。在一些实施方式中,确定初始平均绝对偏差,而不是标准偏差,因为行程时间误差值可能不具有标准分布。数据处理系统205可更新行程时间误差的该初始平均绝对偏差以确定行程时间误差值的更精确的平均绝对偏差。

[0038] 因此,数据处理系统205可以确定或获得与每个地震数据采集单元140相关联的(初始)估计的深度值和(初始)估计的水柱通过速度以及行程时间误差的初始绝对偏差。利用估计的深度值,估计的水柱通过速度以及行程时间误差的初始平均绝对偏差,数据处理系统205可以针对每个声学信号/地震数据采集单元140对来确定更新的深度值和更新的水

柱通过速度。更新后的接收器深度和水柱通过速度可以从初始建模值的预定方差的网格中选择。网格可以具有规则变化、随机变化或伪随机变化。例如,更新的深度值和水柱通过速度可以从导致所有迭代对的误差的最低平均绝对偏差的对中选择。

[0039] 例如,数据处理系统205或诸如深度值生成模块215和水柱通过速度模块210的组件可以将深度模型和水柱通过速度通过模型分别应用于估计的深度值和估计的水柱通过速度模型,来使用行程时间误差的初始平均绝对偏差确定所有或至少一个地震数据采集单元140的更新的深度值和去往或来自至少一个地震数据采集单元140的至少一个声学信号的更新的水柱通过速度。

[0040] 更新与地震源120和地震数据采集单元140相关联的估计的深度值和估计的水柱通过速度的过程可以包括对地震源120(或者从这些源发出的声学信号)和地震数据采集单元140的深度值和水柱速度的迭代计算。例如,可以通过诸如1.5米的预定量调整估计的深度值,并且声学信号的估计的水柱通过速度可以通过诸如0.5米/秒的预定速度来调节。这些值是示例,可以使用这些值之上和之下的其他值。利用这些调整的值,数据处理系统205可以确定新的或更新的深度值和水柱通过速度。例如,一系列声学信号(例如来自地震源120的源通过)和每个地震数据采集单元140,可以确定平均行程时间误差值,该平均行程时间误差值表示直接到达时间(来自所获得的地震数据)和基于按1.5m和0.5m/s调整的值的模拟到达时间之间的差的平均值。数据处理系统205可以按1.5米和0.5m/s调整的给定深度/速度确定偏离这个(新)平均行程时间误差值新的平均绝对偏差。数据处理系统205可以将行程时间误差的新的平均绝对偏差(即基于调整后的值)与初始平均绝对偏差(基于原始值)进行比较。当行程时间误差的新的平均绝对偏差小于(并因此优于)初始(或其他先前)平均绝对偏差时,数据处理系统205可以用新的值更新水柱通过速度(例如,按0.5m/s调整),或者可以用新的值(例如,按1.5m调整)更新地震数据采集单元140的估计的深度值。这个例子导致了最初估计的深度和水柱通过速度值的改进。

[0041] 在迭代过程的这个阶段,更新后的值可以被称为最佳值。这个过程可以以迭代的方式重复。例如,数据处理系统205可以将地震数据采集单元140的深度值再调整1.5m,水柱通过速度再调整0.5m/s。根据这些数据,可以确定行程时间误差的另一个(较新的)平均绝对偏差,并将其与前一个或最佳的行程时间误差的平均绝对偏差进行比较。如果行程时间误差的较新的平均绝对偏差小于行程时间误差的前一个或最佳绝对偏差,则数据处理系统205可以再次更新水柱通过速度或者可以再次更新估计的深度值。如果行程时间误差的较新的平均绝对偏差大于或等于行程时间误差的前一个或最佳绝对偏差,则数据处理系统205可以丢弃行程时间误差(或相关联的深度值或水柱通过速度)的较新的平均绝对偏差,并继续使用先前的最佳值。数据处理系统205可以执行任何数量的这些迭代。例如,数据处理系统205可以运行41次迭代,其中对于估计的深度值0.5m/s,对于估计的水柱通过速度,以1.5m的预定步长值将估计的水柱通过速度或估计的深度值调整41次。

[0042] 在一些实现方式中,已经确定了行程时间误差的初始平均绝对偏差,数据处理系统205应用深度模型(例如,使用深度值生成模块215)并应用水柱通过速度生成模型(例如使用水柱通过速度生成模块210)来实现以下操作中的一个或多个以更新估计的深度值和估计的水柱通过速度模型:

[0043] 1.) 根据深度值(例如,1.5m)和水柱通过速度(例如,0.5m/s)的(例如初始)估计值

以及迭代次数(例如,对于深度值和水柱通过速度,以这些步长处进行41次迭代)来确定步长或调整值。这些可以被称为模型值。

[0044] 2.) 确定从地震数据确定的直达到达时间与根据调整值确定的直达到达时间之间的行程时间误差值。

[0045] 3.) 针对每个地震数据采集单元140的源通过或一系列声学信号利用调整(或更新)的深度值和水柱通过速度确定平均行程时间误差。

[0046] 4.) 使用调整后的值对于每个调整的深度值/水柱通过速度对确定与平均行程时间误差值的(更新的)平均绝对偏差。

[0047] 5.) 将与平均行程时间误差值的更新的平均绝对偏差和与平均行程时间误差值的行程时间误差的初始平均绝对偏差进行比较。当更新的平均绝对偏差小于初始平均绝对偏差(或小于之前的最佳平均绝对偏差值)时,数据处理系统205将调整的深度值分配或分类为(最佳可用的)更新的深度值,或者数据处理系统将调整的水柱通过速度分配或分类为至少一个地震数据采集单元140的(最佳可用的)更新的水柱通过速度。当更新的平均绝对偏差大于或等于初始平均绝对值偏差(或之前的最佳平均绝对偏差值),则数据处理系统205不修改至少一个地震数据采集单元140的初始的估计或先前更新的最佳深度值和水柱通过速度。在后者的示例中,数据处理系统205可以丢弃与更新的平均绝对偏差相关联的更新(更大)的深度或值。

[0048] 6.) 重复操作1-5进行多次迭代。例如,数据处理系统205可以分别以1.5m和0.5m/s步长调节深度值和水柱通过速度值41次(或任何其他数量),使得在该示例中对于每个声学信号和每个地震数据采集单元140(其可以被称为 41×41 网格)评估41个潜在深度值和41个潜在水柱通过速度。

[0049] 在上述示例中,数据处理系统205已经使用例如1.5m的深度值和0.5m/s的水柱通过速度的粗调整值来确定至少一个(或全部)地震数据采集单元140的更新的深度值和更新的水柱通过速度。在一些实现方式中,数据处理系统205改进(或继续更新)这些更新的值。例如,数据处理系统205(及其部件)可以对于全部或部分地震数据采集单元140在 41×41 网格上在此以较小的调整值(例如,0.15m深度步长和0.1m/s速度增量)重复操作1-6。深度模型和水柱通过速度通过模型可以是单个模型(或模块)或单独的模型,并且可以包括一个或多个脚本、应用程序或代码,其可以例如从数据库220(或其他存储器)访问并且由数据处理系统205执行以确定给定源通过的更新的深度值和更新的水柱通过速度,或者来自船舶105和地震源120在地震数据采集单元140上的一次通过的一系列声学信号。

[0050] 数据处理系统205可以针对多个源通过或船舶105和地震源120在地震数据采集单元140的至少一部分上的多个周程来确定地震数据采集单元140的更新的深度值以及更新的水柱通过速度。在一些实现方式中,深度值生成模块215(或数据处理系统205的其他组件)可以根据每个地震数据采集单元140的一系列源通过来确定最终或更新的深度值的平均值。在该示例中,平均接收器深度由多个源120/船舶105通过确定。例如,由于潮汐或电流变化,或源于水体110表面下方的地震源120的深度的变化,源通过之间可能存在深度变化。水柱通过速度可随后利用固定在平均深度值的深度值被进一步细化或更新。例如,数据处理系统205可以将深度值固定在平均深度值处,并且以估计的水柱通过速度1500m/s开始,可以以固定的平均深度值以及以从1500m/s起点或从最佳的先前确定的水柱通过速度对估

计的水柱通过速度的0.1m/s的调整来重复迭代处理(例如,操作1-6)。在一个实现方式中,数据处理系统205重复该过程201次迭代,但是该数量以上和以下的其他值也是可能的。

[0051] 例如,数据处理系统205可以利用固定的平均深度值执行以下操作以进一步细化更新的水柱通过速度(例如,通过应用深度/水柱通过速度模型):

[0052] 1.) 利用(至少一个地震数据采集单元140的)固定平均深度值,数据处理系统205可以确定从地震数据确定的直接到达时间和从固定的平均深度值和经调整的水柱通过速度(例如,以0.1m/s增量调整)确定的直接到达时间之间的行程时间误差值。

[0053] 2.) 利用调整后的水柱通过速度,对于在地震数据采集单元140上的源通过,确定至少一个地震数据采集单元140的平均行程时间误差。

[0054] 3.) 为给定的调整后水柱通过速度根据平均行程时间误差来确定(新的)平均绝对偏差。

[0055] 4.) 将来自刚刚上面的操作3的(新的)平均绝对偏差与以前确定的最佳平均绝对偏差进行比较。当新的平均绝对偏差小于先前确定的最佳平均绝对偏差时,则将以前确定的最佳平均绝对偏差替换为新的平均绝对偏差。当新的平均绝对偏差大于或等于先前确定的最佳平均绝对偏差时,则不取代以前确定的最佳平均绝对偏差。

[0056] 5.) 对于所有网格值重复刚刚上面的操作1-4(例如,对水柱通过速度用0.1m/s调整的201次迭代)。

[0057] 在以上示例中,数据处理系统205可以确定到目前为止,更新的最佳水柱通过速度是与最佳平均绝对偏差值相关联的那一个。

[0058] 数据处理系统205可以为所有或至少一个地震数据采集单元140创建指示更新的深度值或更新的水柱通过速度的一个或多个数据结构。在一些实施方式中,数据结构包括一个或多个ASCII文件,其例如识别各个地震数据采集单元140并且指示其相关联的更新的深度值或与一个或多个声学信号相关联的更新的水柱通过速度。数据结构可以被写入数据库220或从数据库220读取,并且可以被提供用于在一个或多个计算设备225处显示或渲染,例如作为报告。计算设备225可以是数据处理系统205的一部分或者与数据处理系统205分离。例如,数据处理系统205可以将数据结构作为报告经由互联网或其他计算机网络发送给计算设备225用于由计算设备225显示。这里描述的数据结构可以包括其他文本或字符编码方案,诸如UTF-8编码方案。

[0059] 声学信号的水柱通过速度可以基于诸如时间或水柱130的深度的因素而改变。在一些实施方式中,水柱通过速度模型包括双层模型,其中通过水柱130的深层(例如,大于1250米)的声学信号的水柱通过速度由数据处理系统205确定为水的深度的函数而没有时间依赖性变化。在该示例中,浅层(例如,小于1250m)由数据处理系统205确定为具有大部分或全部时间相关的速度变化。在一些实施方式中,数据处理服务器205确定水柱130的深层的水柱通过速度。可以基于例如以下等式来确定深层速度作为水深的函数,其中 V_{1250} 是水深1250米处的层速度,例如1488.6m/sec, z 是计算层速度的水深:

[0060]
$$V_{\text{deep}}(z) = V_{1250} + (z - 1250) * 0.0166$$

[0061] 在这个例子中,数据处理系统205可以确定深层的平均速度作为 $V_{\text{deep}}(z)$ 和 V_{1250} 的平均值。这个值可以被称为深层水柱通过速度。

[0062] 使用深层水柱通过速度和更新的最佳水柱通过速度,数据处理系统205或其组件

(例如水柱通过速度生成模块210)可以确定浅层水柱通过速度。例如,对于至少一些地震数据采集单元140上的地震源120的给定源通过,数据处理系统205可以确定帆线的平均浅层速度和平均时间。

[0063] 帆线的平均时间可以是源120时间的平均值,每次拍摄(例如,地震源(多个)120的致动)可以被给予数值时间值(例如,从一年开始的秒数或可用的年浮点日单位)。数据处理系统205可以通过首先计算每个地震数据采集单元140/帆线对的浅层速度,然后对记录帆线的所有接收器的速度进行平均来确定平均浅层速度。例如,浅层速度可以通过使用以下等式来确定:

$$[0064] \quad V_{shallow}(t) = \frac{V_T(z, t) * z - (z - 1250) * (V_{deep}(z) + V_{deep}(1250))}{1250}$$

$$[0065] \quad V_{avg}(t) = \frac{\sum V_{shallow}(t)}{m}$$

[0066] 在上面的等式中, $V_T(z, t)$ 是由上述步骤5中的处理系统确定的总层速度; z 是前一节中确定的接收器的深度; $V_{deep}(z)$ 是由上式定义的深度相关层速度;1250是时变水柱通过速度层的选定厚度(可以使用其他值); t 是帆线的平均时间; $V_{avg}(t)$ 是 t 时刻的平均浅层速度;并且 m 是在选择用于分析的偏移范围内记录帆线(例如,在源通过或船舶105通过期间的地震数据)的地震数据采集单元140(例如,接收器)的数量。

[0067] 以上等式是根据已知的总层速度和已知的深层计算浅层速度的示例,并且数据处理系统205可以使用其他方法来确定浅层速度。此外,由于主要假设是深层速度要么不随时间变化要么缓慢变化,因此该过程不需要仅应用于较深(例如,大于1250米深度)的地震数据采集单元140。例如,第二种可能性是大多数水深超过400米的合理假设。在接收器水深小于1250米的区域中,计算深层的等式可能会发生变化,或者可能会被置于ROV或其他设备上的仪器进行的水流速度测量所取代。

[0068] 数据处理系统205可以创建至少一个数据结构(例如,ASCII文件),该数据结构指示每个平均帆线时间和浅层水柱通过速度。由数据处理系统205生成(或从数据库220获得的)数据结构可以被提供用于由数据处理系统205或者计算设备225作为报告显示。

[0069] 在一些实现方式中,数据处理系统205可以识别或确定声学信号和多个地震数据采集单元140中的每一个的第一层(例如,深)水柱通过速度。数据处理系统205还可以基于第一层水柱通过速度并且基于更新的水柱通过速度识别或确定声学信号和每个地震数据采集单元140的第二层水(例如,浅)柱通过速度。

[0070] 数据处理系统205还可以例如通过对用于多个地震数据采集单元140的声学信号的第二层水柱通过速度进行平均来确定至少一个声学信号的平均第二层(例如,深)水柱通过速度。数据处理系统205还可以识别水柱的第二(例如,深)层的时间不变的第二层水柱速度。数据处理系统205可以创建指示或包括至少一个声学信号的平均第二层水柱通过速度的数据结构(其可以被显示为报告)。

[0071] 图3示出了根据说明性实现方式的检测地震数据采集单元深度和声学信号水柱通过速度的方法300。方法300可以包括获取地震数据的动作(ACT 305)。例如,数据处理系统205可以获得由地震数据采集单元140响应于地震源120产生的至少一个声学信号而采集的地震数据。方法300可以包括确定直接到达时间的动作(ACT 310),其指示从声学信号的生

成到由地震数据获取单元140检测到地震数据的时间段。方法300可以包括例如通过数据处理系统205获得至少一个地震数据采集单元140的至少一个估计的深度值以及通过水柱130的至少一个声学信号的至少一个估计的水柱通过速度(ACT 315)。方法300可以包括通过数据处理系统205识别平均行程时间误差值(ACT 320)并确定行程时间误差的初始平均绝对偏差的动作(ACT 325)。方法300可以包括数据处理系统205将深度模型和水柱通过速度模型中的至少一个应用于估计的深度值或估计的水柱通过速度,以确定至少一个更新的深度值或者至少一个更新的水柱通过速度(ACT 330)。方法300可以包括由数据处理系统205创建至少一个数据结构,该数据结构指示至少一个(或每个)地震数据采集单元140的更新的深度值,或者指示声学信号的更新的水柱通过速度(ACT 335)。

[0072] 因此,这里描述的操作可以从地震数据导出作为时间和深度的函数的数据采集单元140深度和声学信号的水柱通过速度。与地震数据采集单元接收地震数据或声学信号相关的时间可能不是绝对已知的,因此当确定深度值和水柱通过速度时,本文描述的系统和方法可以考虑或忽略定时误差。数据处理系统205可以采用恒定速度定位序列来确定地震数据采集单元140在海床135上的位置。

[0073] 图4是根据本文描述的系统和方法的实现方式的计算机系统400的框图。计算机系统或计算设备400可以包括或用于实现系统100、数据处理系统205、水柱通过速度生成模块210、深度值生成模块215或数据库220。

[0074] 计算系统400可以包括用于传送信息的至少一个总线405或其他通信部件以及耦合到总线405以用于处理信息的至少一个处理器410(a-n)或处理电路。计算系统400还可以包括耦合到总线405用于处理诸如地震数据、深度值或水柱通过速度值之类的信息的一个或多个处理器410或处理电路。计算系统400可以包括耦合到总线405用于存储信息以及由处理器410执行的指令的主存储器415,诸如随机存取存储器(RAM)或其他动态存储设备。主存储器415可以包括数据库220或者可以是数据库220的一部分并且可以用于存储地震数据、深度模型数据、水柱通过速度模型数据、深度值和更新的深度值、水柱通过速度并且在处理器410执行指令期间更新水柱通过速度值、图像、报告、可执行代码、临时变量或其他中间信息。计算系统400还可以包括耦合到总线405的只读存储器(ROM)420或其他静态存储设备,用于存储静态信息和用于处理器410的指令。诸如固态设备、磁盘或光盘之类的存储设备425被耦合到总线405以用于持久地存储信息和指令。存储设备425可以包括数据库220或者是数据库220的一部分。

[0075] 计算系统400可以经由总线405耦合到(例如,数据处理系统205的)显示器435,诸如液晶显示器或有源矩阵显示器,用于向用户显示信息。诸如包括字母数字键和其他键的键盘的输入设备430可以耦合到总线405,用于向处理器410传送信息和命令选择。输入设备430可以包括触摸屏显示器435。输入设备430可以还包括用于向处理器410传送方向信息和命令选择并且用于控制显示器435上的光标移动的光标控件,诸如鼠标、轨迹球或光标方向键。

[0076] 这里描述的过程、系统和方法可以由计算系统400响应于处理器410执行包含在主存储器415中的指令的布置来实现。这样的指令可以从例如存储设备425的另一个计算机可读介质读入主存储器415。包含在主存储器415中的指令的布置的执行使得计算系统400执行在此描述的说明性处理。还可以采用多处理布置中的一个或多个处理器来执行包含在主

存储器415中的指令。在一些实施例中,可以使用硬连线电路来代替软件指令或与软件指令组合以实现说明性实现方式。因此,实施例不限于硬件电路和软件的任何特定组合。

[0077] 这里描述的系统和方法可以用数字电子电路或者计算机软件、固件或硬件来实现,包括本文所公开的结构及其结构等同物,或者以它们中的一个或多个的组合来实现。这里描述的主题可以被实现为编码在一个或多个计算机存储介质上用于由数据处理装置执行或控制数据处理设备的操作的一个或多个计算机程序,例如计算机程序指令的一个或多个电路。程序指令可以编码在人工生成的传播信号上,例如被生成以对信息进行编码以便传输给合适的接收机装置以供数据处理装置执行的机器生成的电信号、光信号或电磁信号。计算机存储介质可以是计算机可读存储设备、计算机可读存储基板、随机或串行存取存储器阵列或设备或者它们中的一个或多个的组合,或者可以被包括在其中。此外,尽管计算机存储介质不是传播信号,但计算机存储介质可以是在人工生成的传播信号中编码的计算机程序指令的源或目的地。计算机存储介质也可以是一个或多个单独的组件或介质(例如,多个CD、磁盘或其他存储设备)或被包括在其中。

[0078] 这里描述的操作可以由数据处理装置对存储在一个或多个计算机可读存储设备上的数据或从其他来源接收的数据执行。术语“数据处理系统”或“计算设备”涵盖用于处理数据的各种装置、设备和机器,例如包括一个可编程处理器、一台计算机、一个片上系统或多个可编程处理器、多台计算机、多个片上系统或者前面的组合。该装置可以包括专用逻辑电路,例如FPGA(现场可编程门阵列)或ASIC(专用集成电路)。除了硬件之外,该装置还可以包括为所涉及的计算机程序创建执行环境的代码,例如构成处理器固件、协议栈、数据库管理系统、操作系统、跨平台运行时环境、虚拟机或其中一个或多个的组合的代码。装置和执行环境可以实现各种不同的计算模型基础设施,如web服务、分布式计算和网格计算基础设施。

[0079] 计算机程序(也称为程序、软件、软件应用程序、应用程序、脚本或代码)可以用任何形式的编程语言编写,包括编译或解释语言、声明性或过程性语言,并且可以任何形式部署,包括作为独立程序或作为适用于计算环境的电路、组件、子程序、对象或其他单元。计算机程序可能(但不一定)对应于文件系统中的文件。程序可以存储在(例如,在数据库220中)保存有其他程序或数据(例如,存储在标记语言文档中的一个或多个脚本)的文件的一部分、专用于所涉及的程序的单个文件中或多个协调文件(例如,存储一个或多个电路、子程序或部分代码的文件)中。计算机程序可以部署为在一台计算机执行或在位于一个站点或跨多个站点分布并通过通信网络互连的多台计算机上执行。

[0080] 尽管本文已经描述和图示了各种实施方式,但是本领域普通技术人员将容易想到用于执行功能或获得结果或本文所述的一个或多个优点的各种其他手段或结构,并且每个这样的变化或修改被认为是在这里描述的发明实施例的范围内。这里描述的参数、尺寸、材料和配置意味着是示例性的,并且实际参数、尺寸、材料或配置可以取决于具体的一个应用或多个应用。

[0081] 上述实施例可以以多种方式中的任何一种来实现。例如,可以使用硬件、软件或其组合来实现实施例。当以软件实现时,软件代码可以在任何合适的处理器或处理器集合上执行,不管是在单个计算机中提供还是分布在多个计算机中。

[0082] 在此描述的实现方式可以体现为编码有一个或多个程序的计算机可读存储介质

(或多个计算机可读存储介质) (例如, 计算机存储器、一个或多个软盘、压缩盘、光盘、磁带、闪存、现场可编程门阵列或其它半导体器件中的电路配置或其他非暂时性介质或有形计算机存储介质), 所述一个或多个程序当在一个或多个计算机或其他处理器上执行时执行实现所讨论解决方案的各种实施例的方法。一个或多个计算机可读介质可以是可移动的, 使得其上存储的一个或多个程序或程序可以被加载到一个或多个不同的计算机或其他处理器上, 以实现如上所述的本解决方案的各个方面。

[0083] 术语“程序”或“软件”是指可用于编程计算机或其他处理器以实现本文所讨论的实施例的各方面的任何类型的计算机代码或计算机可执行指令集合。另外, 当被执行时执行本文描述的操作的一个或多个计算机程序不需要驻留在单个计算机或处理器上, 而是可以以模块化方式分布在多个不同的计算机或处理器中。

[0084] 数据结构可以以任何合适的形式存储在计算机可读介质中。可以显示数据结构具有通过数据结构中的位置相关的字段。这种关系同样可以通过为具有计算机可读介质中传达字段间关系的位置的字段分配存储来实现。然而, 可以使用指针、标签或其他机制来建立数据结构的字段中的信息之间或数据元素之间的关系。

[0085] 虽然在附图中以特定顺序描述了操作, 但是这些操作不需要以所示出的特定顺序或按顺序的顺序执行, 并且不需要执行所有示出的操作。这里描述的动作可以以不同的顺序执行。

[0086] 各种系统组件的分离不需要在所有实现方式中分离, 并且所描述的程序组件可以包含在单个硬件或软件产品中。例如, 水柱通过速度生成模块210或深度值生成模块215可以是单个模块、具有一个或多个处理电路的逻辑设备或数据处理系统205的一个或多个服务器的一部分。

[0087] 现在已经描述了一些说明性的实现方式, 显而易见的是, 前述内容是说明性的而非限制性的, 已经通过示例的方式呈现。具体而言, 虽然本文提出的许多示例涉及方法动作或系统元素的特定组合, 但那些动作和这些元素可以以其他方式组合以实现相同的目标。结合一个实现方式讨论的动作、元素和特征不打算排除在其他实现或实现中的类似角色之外。

[0088] 这里使用的措辞和术语是为了描述的目的, 不应被认为是限制性的。“包括”, “包含”, “具有”, “含有”, “涉及”, “特征为”, “其特征在于”及其变化形式意在涵盖其后列出的项目、其等同物和附加项目作为由专门列出的项目组成的替代实现方式。在一个实现方式中, 这里描述的系统和方法包括一个、多于一个的所有组合或者所描述的所有元素、动作或组件。

[0089] 对本文以单数提及的系统和方法的实现方式或元素或行为的任何引用还可以包含包括多个这些元素的实现方式, 并且对本文中的任何实现方式或元素或动作的任何复数引用也可以包含仅包括单个元素的实现方式。单数或复数形式的引用并不旨在将目前公开的系统或方法、其组件、动作或元件限制为单个或多个配置。对任何动作或元素基于任何信息、动作或元素的引用可包括其中该动作或元素至少部分基于任何信息、动作或元素的实现方式。

[0090] 本文公开的任何实现方式可以与任何其他实现方式或实施例结合, 并且对“实现方式”, “一些实现方式”, “替代实现方式”, “各种实现方式”, “一个实现方式”等的引用不一

定是相互排斥的并且旨在表示结合该实现方式描述的特定特征、结构或特性可以被包括在至少一个实现方式或实施例中。这里使用的这样的术语不一定都指的是相同的实现方式。任何实现方式可以包含地或排他地以任何与本文公开的方面和实现方式一致的方式与任何其他实现方式组合。

[0091] 对“或”的引用可以被解释为包含性的,使得使用“或”描述的任何术语可以指示单个、多于一个以及所有描述的术语中的任何一个。对元素列表中的“至少一个”的引用指示列出的元素的包含性或组合。

[0092] 在附图、详细描述或任何权利要求中的技术特征后面附有附图标记的情况下,已经包括附图标记以增加附图、详细描述和权利要求的可理解性。因此,附图标记和它们的缺失都不会对任何权利要求元素的范围产生任何限制作用。

[0093] 这里描述的系统和方法可以以其他特定形式实施而不脱离其特征。前述实现方式是说明性的而非限制所描述的系统和方法。例如,海洋地震勘测可以包括大洋、海洋、湖泊、过境区、盐水、淡水或混合水勘测。这里描述的系统和方法的范围因此由所附权利要求而不是前面的描述来指示,并且落入权利要求的等同物的含义和范围内的变化包含在其中。

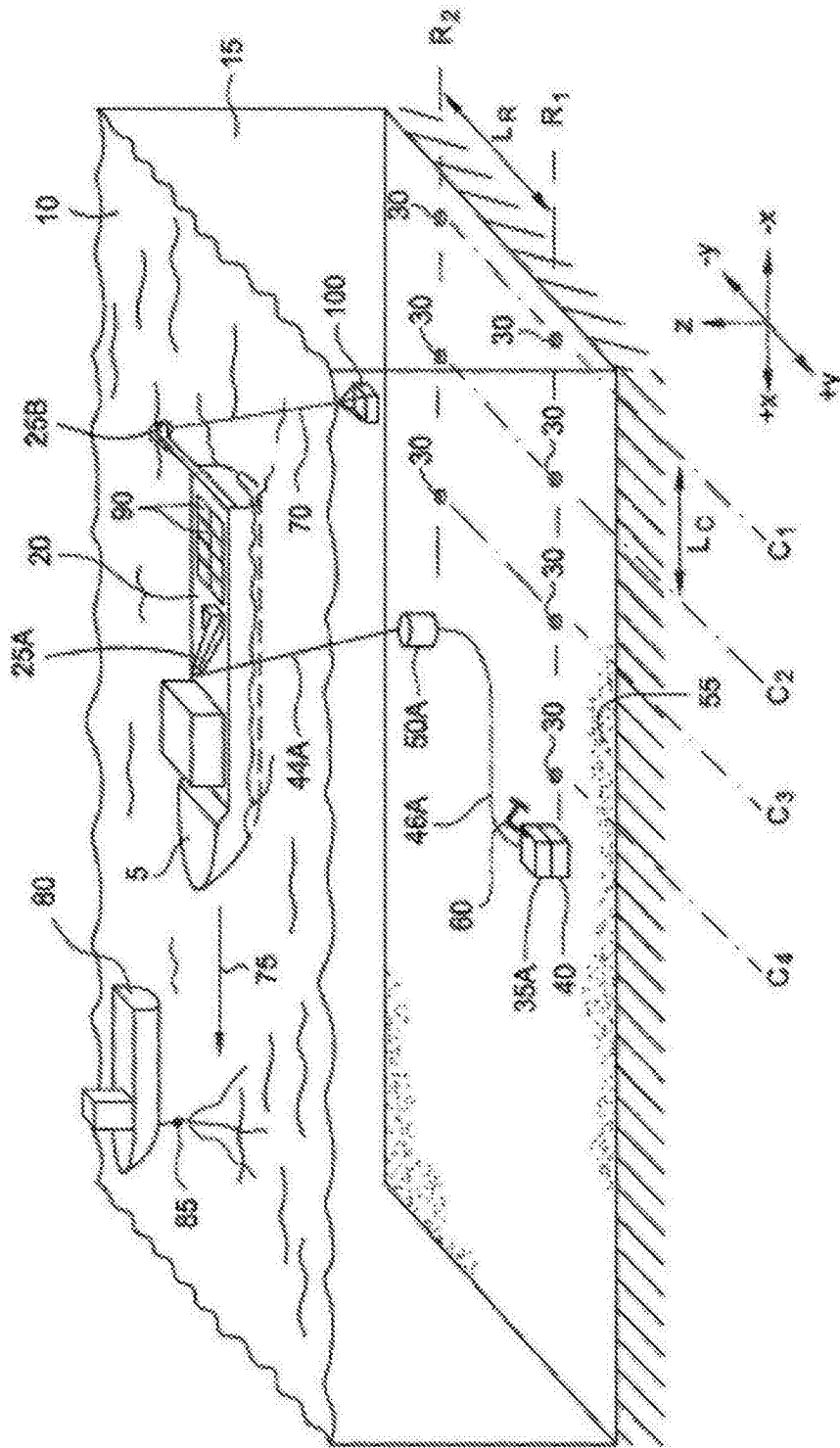


图1

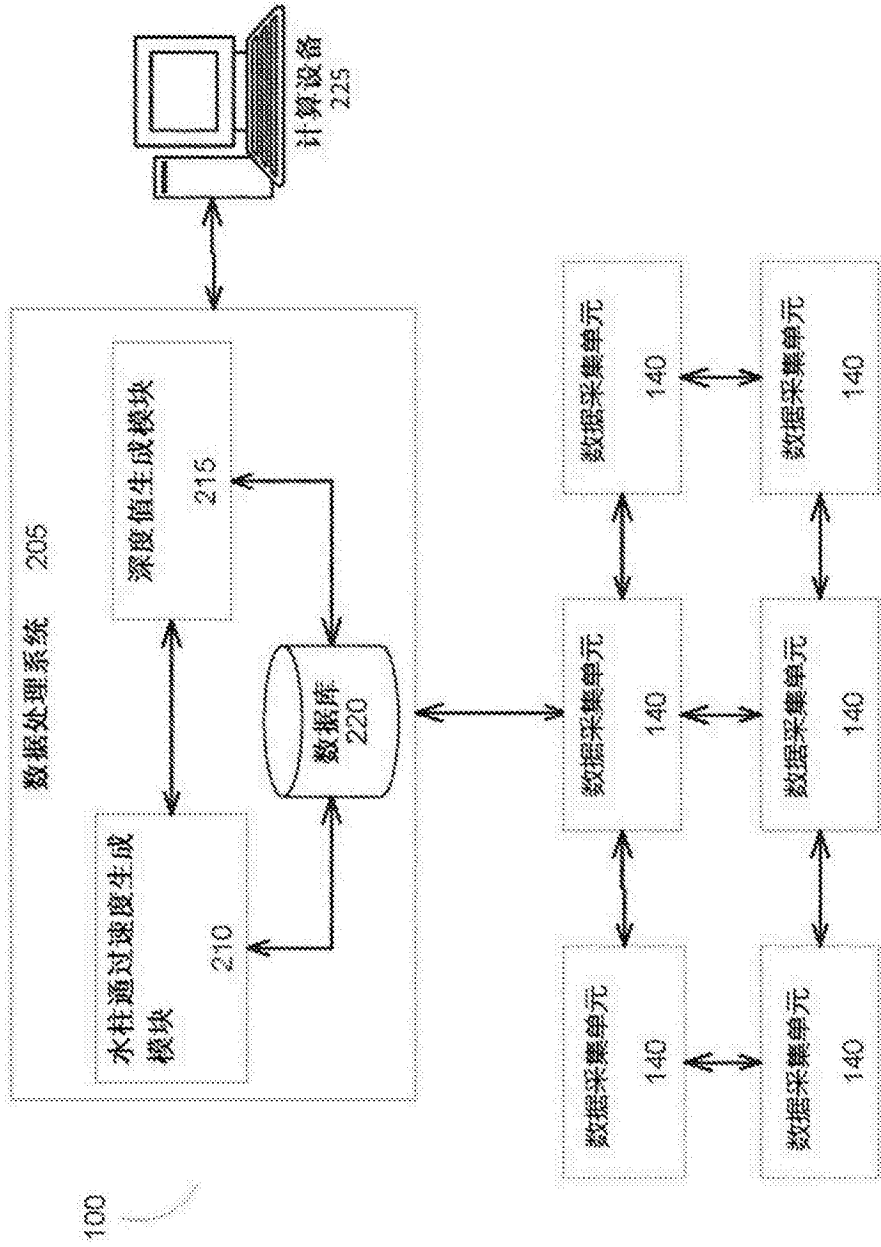


图2

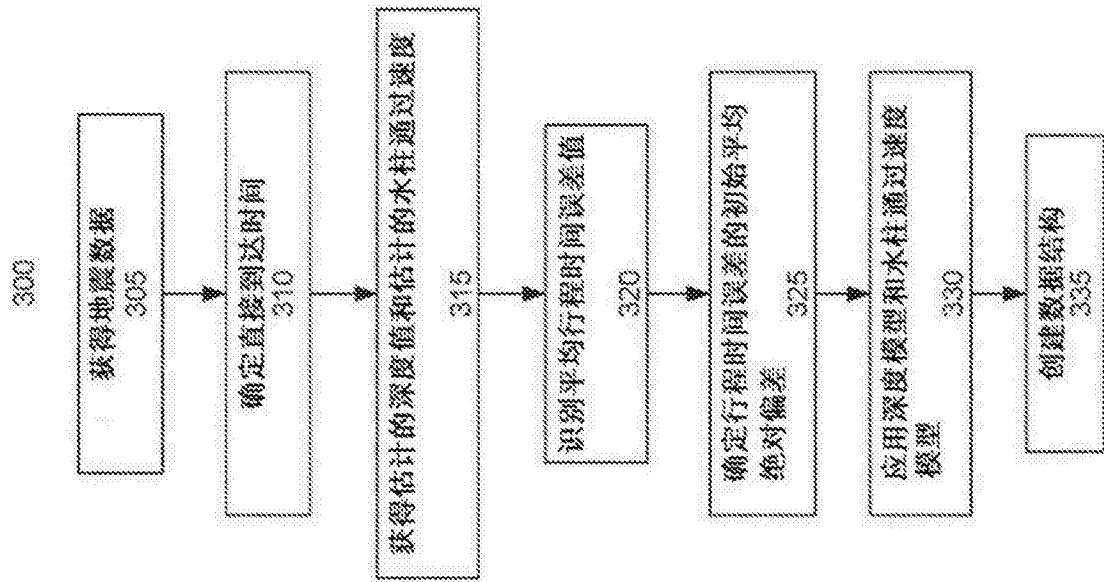


图3

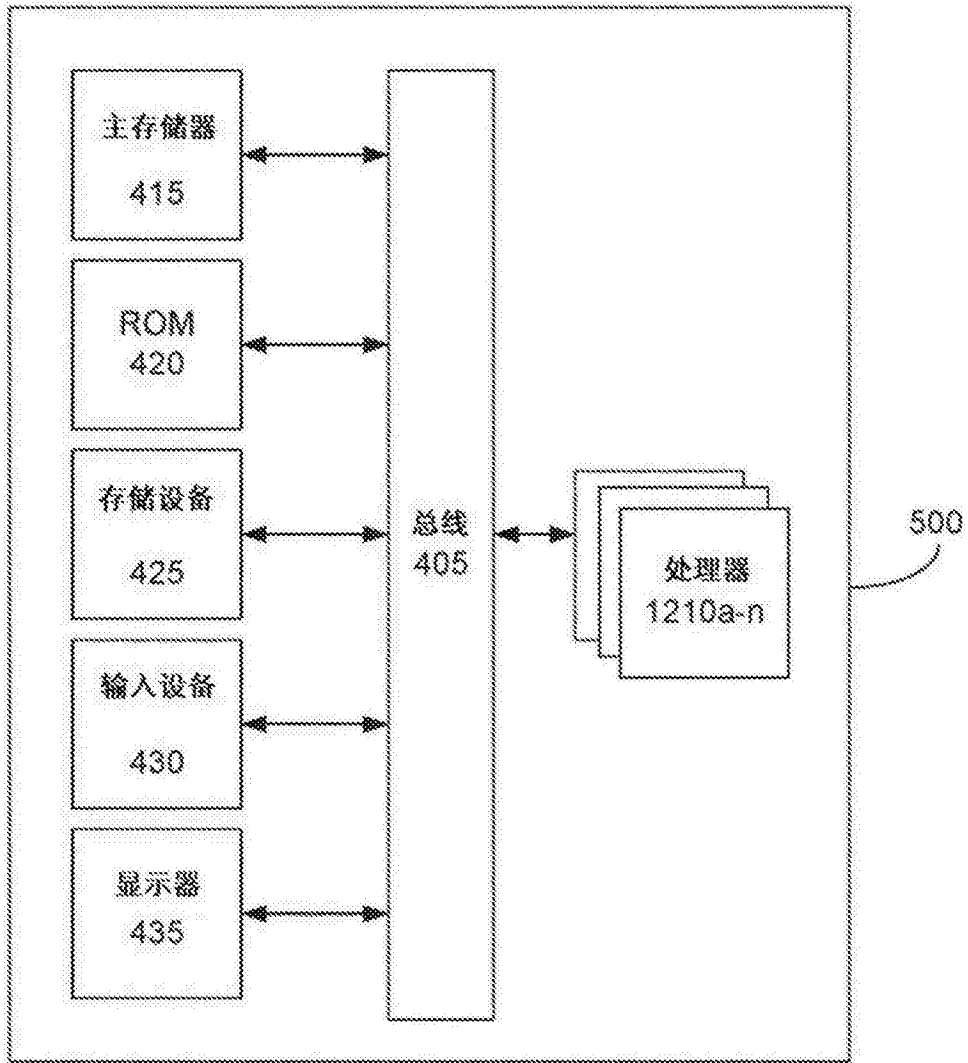


图4