



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109765618 A

(43)申请公布日 2019.05.17

(21)申请号 201910093233.3

(22)申请日 2019.01.30

(71)申请人 自然资源部第二海洋研究所

地址 310000 浙江省杭州市保俶北路36号

(72)发明人 沈洪垒 陶春辉 王汉闯 周建平

丘磊 柳云龙

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司

司 33200

代理人 郑海峰

(51)Int.Cl.

G01V 1/38(2006.01)

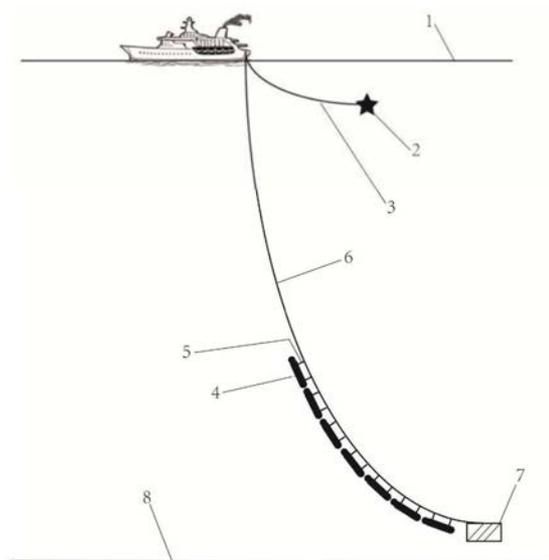
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54)发明名称

一种基于拖缆搭载的海洋地震探测系统及方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于拖缆搭载的海洋地震探测系统及方法。系统包括母船、震源和自容式水听器阵列；所述的母船分别连接一条导缆和拖缆；震源由导缆拖拽；自容式水听器阵列利用固定装置固定在拖缆上；所述的自容式水听器阵列位于震源下方。相比较于常规的信号采集电缆，基于拖缆搭载的采集方式有效地实现了近海底观测的目的，提高地震资料的横向和纵向分辨率。自容式水听器的自主供电和存储功能极大地提高了采集方式的灵活性，可针对于不同探测目标有针对性的进行设计，且兼具成本低、操作方便等特点。



1. 一种基于拖缆搭载的海洋地震探测系统,其特征包括母船、震源和自容式水听器阵列;所述的母船分别连接一条导缆和拖缆;震源由导缆拖拽;自容式水听器阵列利用固定装置固定在拖缆上;所述的自容式水听器阵列位于震源下方的近海底区域,自容式水听器阵列包括若干自容式水听器;所述的固定装置包括第一喉箍、第二喉箍和连接两喉箍的连接杆;自容式水听器穿过第一喉箍并由其紧固,拖缆穿过第二喉箍;通过第二喉箍的紧固固定自容式水听器与拖缆的位置,并可通过松开和移动第二喉箍,调节自容式水听器在拖缆上的位置。

2. 根据权利要求1所述的基于拖缆搭载的海洋地震探测系统,其特征包括所述的自容式水听器阵列依据搭载设备不同,距离海底最近可达5-120m。

3. 根据权利要求1所述的基于拖缆搭载的海洋地震探测系统,其特征包括所述的拖缆的末端连接有辅助设备;所述的辅助设备为AUV、ROV或者摄像拖体。

4. 根据权利要求1所述的基于拖缆搭载的海洋地震探测系统,其特征包括所述的自容式水听器通过多个固定装置与拖缆相连。

5. 根据权利要求1所述的基于拖缆搭载的海洋地震探测系统,其特征包括所述的连接杆采用减震材质。

6. 根据权利要求1所述的基于拖缆搭载的海洋地震探测系统,其特征包括所述的自容式水听器包括声压水听器、供电单元、深度传感器以及耐压舱;供电单元为电池,用于为自容式水听器内的用电部件供电,声压水听器用于采集地震信号;深度传感器用于检测自容式水听器的水深;耐压舱位于自容式水听器内部。

7. 一种如权利要求3所述系统的海洋地震探测方法,其特征包括如下步骤:

1) 根据勘探目标,设定自容式水听器阵列中自容式水听器间的间距;

2) 布设震源和自容式水听器阵列;通过调节辅助设备的位置,使自容式水听器阵列位于震源下方并达到需求的姿态,最深处自容式水听器根据搭载设备的差异可实现距海底5-120m;

3) 激发震源,自容式水听器阵列采集信号。

8. 根据权利要求7所述的海洋地震探测方法,其特征包括所述的自容式水听器之间的最小间隔可以为0.8m。

9. 根据权利要求7所述的海洋地震探测方法,其特征包括所述的步骤1)中,针对小尺度勘探目标,自容式水听器阵列采用小间距;针对大尺度勘探目标,自容式水听器阵列采用大间距;对于需同时获取大尺度和小尺度结构的场合,自容式水听器阵列也可以采用变间距。

一种基于拖缆搭载的海洋地震探测系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于海洋地震勘探领域,具体涉及一种基于拖缆搭载的海洋地震探测系统及方法。

背景技术

[0002] 目前的海洋地震勘探中,震源(如气枪)和采集系统(如水听器)一般布设于水下几米到几十米,震源信号传输到海底再经反射后到达采集系统,双程的水中传播,导致所记录的信号微弱,同时由于水听器距离探测目标较远,横向分辨率降低,而且近海面采集容易受到涌浪等的影响,信噪比偏低。此外,常规的采集方式,震源和水听器无法实现零偏移距采集,造成了海底浅层信号的缺失。

[0003] 偏移距的存在导致信号到达不同水听器时间不同,通常会采用动校正来消除这种差异,不同偏移距对应的动校正量可表示为:

$$[0004] \quad \Delta t = \sqrt{\frac{x^2}{c^2} + t_0^2} - t_0, \quad (1)$$

[0005] 其中,x为偏移距,c为水中声速, t_0 为自激自收时间。由于海底浅层速度相对偏小,相同偏移距x造成的动校拉伸也会更加严重,因此,近偏移距数据对于海底浅层尤其是浅水区域至关重要。

[0006] 地震资料横向分辨率通常由第一菲涅尔带决定,其半径d表达式为:

$$[0007] \quad d = \sqrt{\frac{1}{2} \lambda h + \frac{\lambda^2}{16}}, \quad (2)$$

[0008] 其中,h表示激发点和接收平面的最小距离, λ 为子波波长。对于同样的震源信号,h越小,则可以识别的横向目标半径越小,分辨率越高。

[0009] 而纵向分辨率与信号频率有关,频率越高对于薄层的识别能力越强。地震勘探可以识别的最小尺度 Δh 与频率的关系可以表示如下:

$$[0010] \quad \Delta h = \lambda/4, \quad (3)$$

[0011] 由于随着传播距离的增加以及传播介质的吸收作用,高频能量被迅速衰减,可识别的地层厚度增加,相应纵向分辨率也会下降。如何通过缩减信号传播距离降低能量衰减对于分辨率的提高有很重要的意义。

[0012] 综上所述,无论是横向还是纵向分辨率都由于受到水层以及传播距离的影响而降低。开展基于拖缆搭载的数据采集可明显降低水层的影响,从而有效改善地震资料的分辨率。

发明内容

[0013] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供了一种基于拖缆搭载的海洋地震探测系统及方法。

[0014] 本发明基于拖缆搭载的海洋地震探测系统包括母船、震源和自容式水听器阵列;

所述的母船分别连接一条导缆和拖缆；震源由导缆拖拽；自容式水听器阵列利用固定装置固定在拖缆上；所述的自容式水听器阵列位于震源下方，且自容式水听器阵列距离海底5-120m；自容式水听器阵列包括若干容式水听器；所述的固定装置包括第一喉箍、第二喉箍和连接两喉箍的连接杆；自容式水听器穿过第一喉箍并由其紧固，拖缆穿过第二喉箍；通过第二喉箍的紧固固定自容式水听器与拖缆的位置，并可通过松开和移动第二喉箍，调节自容式水听器在拖缆上的位置。

[0015] 优选的，所述的拖缆的末端连接有辅助设备；所述的辅助设备为AUV、ROV或者摄像拖体，根据海底地形特征调整深度。不同的辅助设备可保证最深处水听器距离海底深度维持在5m-120m之间，这样就极大地缩短了信号到达采集系统的距离，横向分辨率得到提升，高频能量衰减减少，纵向分辨率也得到改善，此外受到涌浪的影响也变小，信噪比会得到很大程度的改善。

[0016] 优选的，所述的自容式水听器通过至少两个固定装置与拖缆相连，以保证自容式水听器的平稳。

[0017] 优选的，所述的连接杆采用减震材质。减少航行过程中拖缆振动对于反射信号的影响，降低振动的影响。

[0018] 本发明还公开了一种所述系统的海洋地震探测方法，包括如下步骤：

[0019] 1) 根据勘探目标，设定自容式水听器阵列中自容式水听器间的间距；

[0020] 2) 布设震源和自容式水听器阵列；通过调节辅助设备的位置，使自容式水听器阵列位于震源下方并达到需求的姿态，最深处自容式水听器根据搭载设备的差异可实现距海底5-120m；

[0021] 3) 激发震源，自容式水听器阵列采集信号。

[0022] 优选的，所述的自容式水听器之间的最小间隔可以为0.8m。

[0023] 相比较于常规的信号采集电缆，基于拖缆搭载的采集方式有效地实现了近海底观测的目的，提高地震资料的横向和纵向分辨率。自容式水听器的自主供电和存储功能极大地提高了采集方式的灵活性，可针对于不同探测目标有针对性的进行设计，且兼具成本低、操作方便等特点。

附图说明

[0024] 图1是基于摄像拖体搭载的倾斜水听阵采集示意图；

[0025] 图2是自容式水听器结构示意图；

[0026] 图3是自容式水听器内部结构示意图；

[0027] 图4固定装置示意图；

[0028] 图5自容式水听器间距示意图；

[0029] 图6采集端鬼波路径示意图；

[0030] 图7不同深度水听器采集有效波及采集端鬼波示意图。

具体实施方式

[0031] 图1展示了基于拖缆搭载的地震探测系统示意图。采集用的自容式水听器4可以利用固定装置5固定在拖缆6上，震源2由导缆3拖拽，可以为气枪、电火花或者可控震源，其激

发的能量经海底8以及地下介质反射后被水听器接收,大大缩减了传播的路径,同时不同水听器之间的深度差异会造成来自于海面的虚反射到达时间差异,从而能够更好地分离首波和虚反射,改善虚反射压制效果。同时由于震源与水听器不在同一深度处,可以针对不同的勘探目标灵活地调整震源和水听器相对位置,从而实现以目标为导向的变尺度采集。如针对海底浅层结构,则以近偏移距采集为主;对于深部结构,则以大偏移距为主;对于小尺度目标,可以采用小道间距采集方式,本发明可实现的最小间隔可以达到0.8m。

[0032] 为了保证拖缆尽可能靠近海底且保持近海底一定高度,可以利用部件7所示的辅助设备如AUV、ROV或者摄像拖体等根据海底地形特征调整深度。不同的辅助设备可保证最深处水听器距离海底深度维持在5m-120m之间,这样就极大地缩短了信号到达采集系统的距离,横向分辨率得到提升,高频能量衰减减少,纵向分辨率也得到改善,此外受到涌浪的影响也变小,信噪比会得到很大程度的改善。

[0033] 自容式水听器内部结构如图2所示,主要包括声压水听器9、信号调理单元10、信号存储单元11、高精度时钟模块12、供电单元13、深度传感器14、以及耐压舱13(可实现4000m深水采集)。自容式水听器可以实现能量供给、信号存储自主化,从而极大地提高了位置布置的灵活性。高精度时钟模块能够保证不同水听器之间的时间同步性。

[0034] 图3详细展示了自容式水听器内部结构示意图。详细展示了各个单元所包含的硬件设备。

[0035] 图4为自容式水听器固定装置示意图。利用定制的喉箍17、20可以方便的实现水听器16的安装、卸载以及在拖缆18上的位置移动。为减少航行过程中拖缆振动对于反射信号的影响,在喉箍和拖缆之间我们采用减震材质制作的连接杆19进行连接,降低振动的影响。

[0036] 图5展示了多个自容式水听器的组合示意图,间距为d。相对于传统的间距固定的集成式水听阵,该发明的水听器间距可以根据不同的勘探目标进行灵活调整,针对于小尺度勘探目标,如海底浅层硫化物、油气破裂带,可以采用小间距排布方式,该发明可以实现最小0.8m间距的组合方式;对于大尺度勘探目标,如深部构造、大型断裂等,可以采用大间距排布方式,从而增加勘探深度以及勘探范围;亦可采用不等间距采集模式,近偏移距水听器采用小间距布置,远偏移距水听器采用大间距布置,从而优化浅层到深层的采集效率,实现水听器的优化组合。

[0037] 图6展示了不同位置处水听器采集到的来自于海底反射的有效首波及采集端鬼波的射线路径示意图。由于拖缆是倾斜入水,因此,不同位置处的水听器放置深度各不相同导致采集端鬼波(如图6中虚线所示)到达时间的差异,大致为 $2h/c$ (h为水听器在水中深度)。这种到达时间的差异可以为实现有效波与鬼波的分离提供了更好的基础。图7以脉冲子波为示意,从时间尺度上展示了不同深度处水听器才记录到的有效波与鬼波到达时间的关系。时间延迟的差异在 T_{aup} 域赋予鬼波与有效波不同的P值(慢度),从而可以更加有效、准确地识别并去除鬼波。

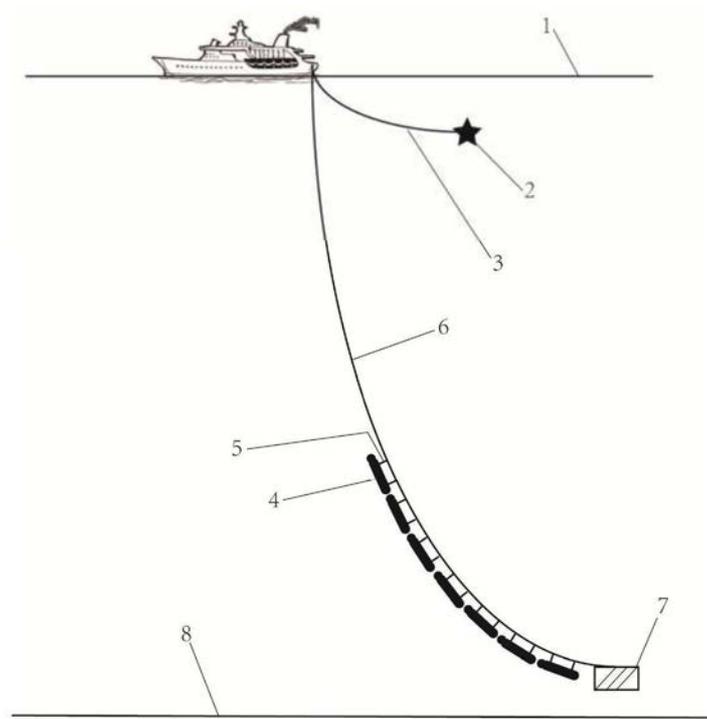


图1

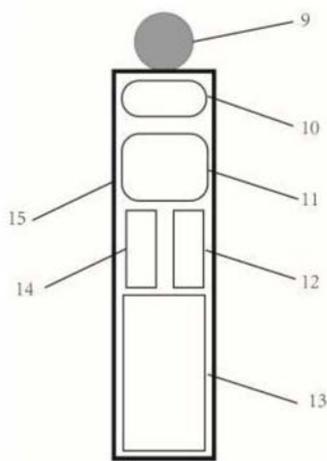


图2

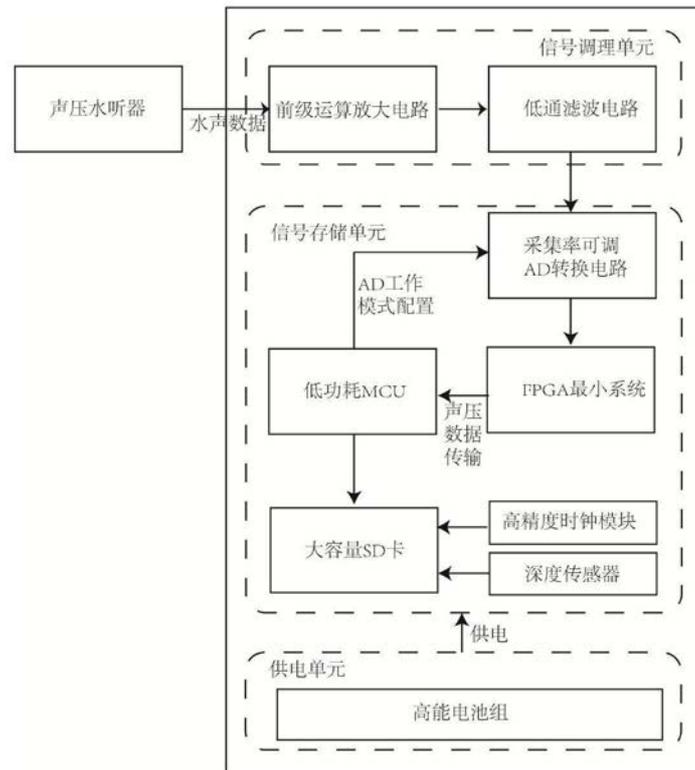


图3

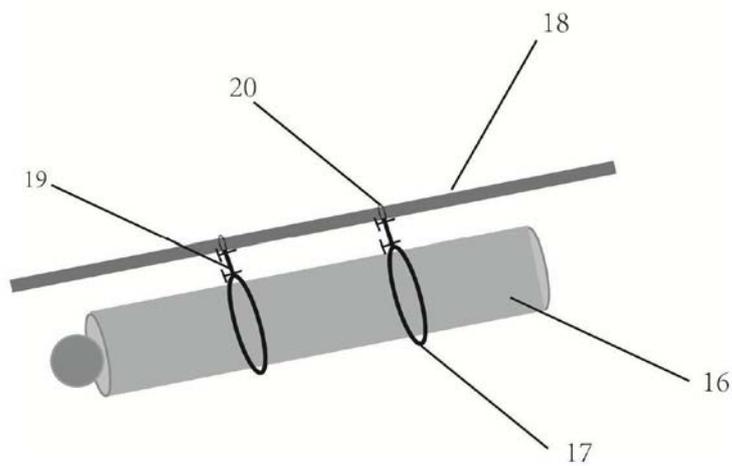


图4

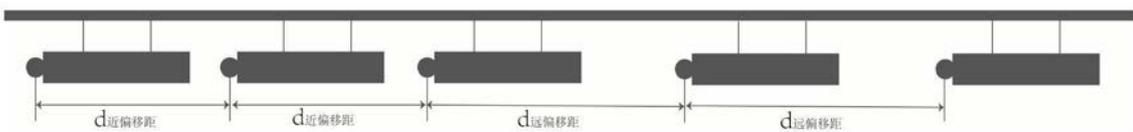


图5

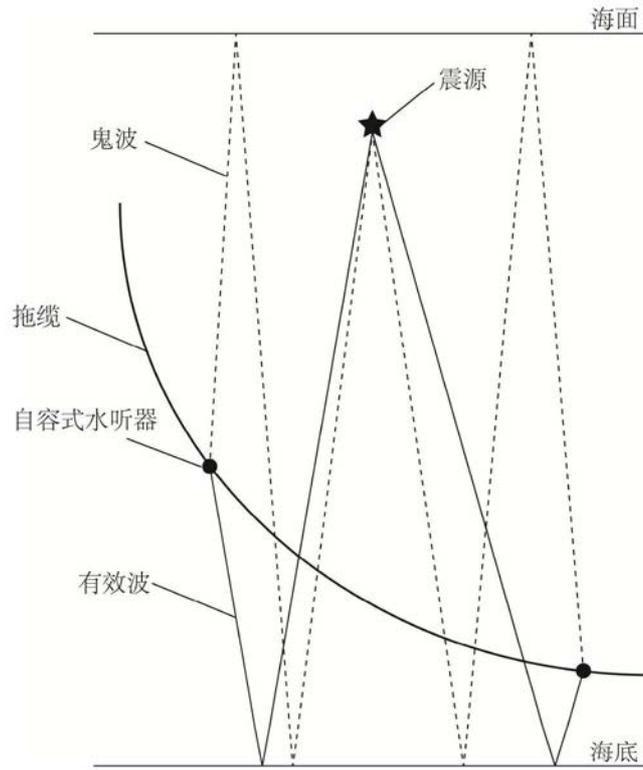


图6

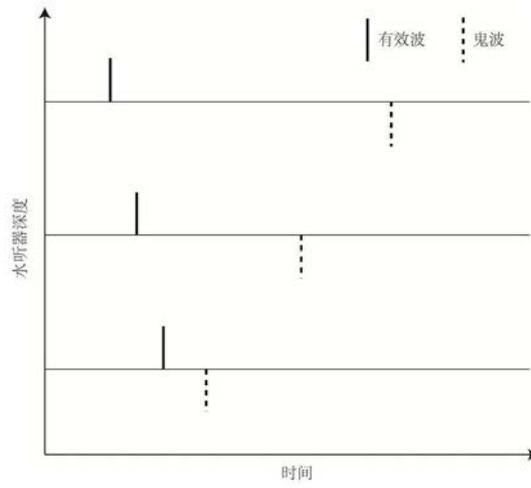


图7