



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101762824 B

(45) 授权公告日 2011. 07. 20

(21) 申请号 201010300482. 4

WO 2003/00451 A2, 2003. 12. 04, 全文.

(22) 申请日 2010. 01. 20

审查员 杨永康

(73) 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

(72) 发明人 张维竞 段磊 陈峻 张小卿

王春杰

(74) 专利代理机构 上海交达专利事务所 31201

代理人 周文娟

(51) Int. Cl.

G01V 1/38(2006. 01)

G01S 5/30(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6839302 A, 2005. 01. 04, 全文.

CN 1656390 A, 2005. 08. 17, 全文.

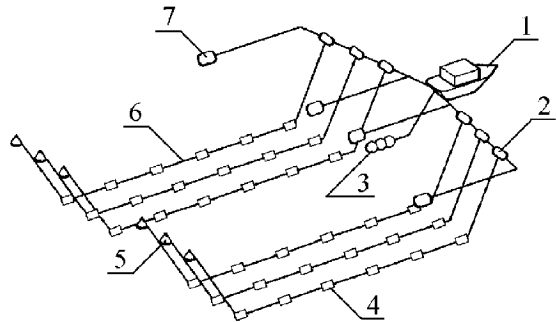
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

基于单向水声测距的海洋地震拖缆位置测量方法

(57) 摘要

基于单向水声测距的海洋地震拖缆位置测量方法,属于海洋地震勘探技术领域。本发明采用基于单向水声测距的海洋地震拖缆位置测量系统,测量任意三个水面单元的位置数据、待测水下单元的垂直位置数据和上述三个水面单元至待测水下单元的距离,计算得出待测水下单元的位置数据;使用各水下单元的位置数据,插值计算得出海洋地震拖缆各点的位置。本发明通过采用单向水声测距,仅需要测量系统在各水面单元安装声波发射装置,各水下单元安装声波接收装置,在增加水声测距作用距离的同时,减少声波发射器对水听器组的干扰;通过采用特征频段测距声波信号,简化了各水下单元对测距声波信号的识别方法,降低了测量系统和测量方法复杂度。



1. 一种基于单向水声测距的海洋地震拖缆位置测量方法,其特征在于该方法包括下述步骤:(1) 船载系统中的控制软件通过数据电缆发送校准时钟指令,各水面单元单片机接收指令,校准时钟,各水下单元单片机接收指令,校准时钟;(2) 船载系统中的控制软件通过数据电缆发送准备测距指令,各水面单元单片机接收指令,开始以一定时间间隔记录由GPS接收装置算得的GPS位置数据,各水下单元单片机接收指令,开始以一定时间间隔记录由深度传感器测得的垂直位置数据;(3) 船载系统中的控制软件通过数据电缆发送开始测距指令,各水面单元单片机接收指令,开启声波发射装置,在预定时刻以其独占的频段向水中发射特征频段测距声波信号,各水下单元单片机接收指令,开启声波接收装置;(4) 各水下单元的声波接收装置相继接收到各水面单元发射的特征频段测距声波信号,前置放大器、带通滤波器和水下单元单片机对接收到的特征频段测距声波信号实时处理、识别,并记录各特征频段测距声波信号的接收时间;(5) 船载系统中的控制软件通过数据电缆发送测距结束指令,各水面单元单片机接收指令,停止记录上述GPS位置数据,并通过数据电缆将上述GPS位置数据、特征频段测距声波信号的发射时间传输至船载系统中储存,各水下单元单片机接收指令,关闭声波接收装置,停止记录上述垂直位置数据,并将上述垂直位置数据和各特征频段测距声波信号的接收时间传输至船载系统中储存;(6) 船载系统中的数据处理软件调用上述各水面单元的GPS位置数据、特征频段测距声波信号的发射时间,各水下单元的垂直位置数据、各特征频段测距声波信号的接收时间,进行综合处理、计算,便可以得出各水下单元的位置;(7) 船载系统中的数据处理软件调用上述各水下单元的位置,使用插值的方法算出该次测量中海洋地震拖缆各点的位置;

所述的步骤(4)中水下单元对特征频段测距声波信号的处理、识别方法为:1) 水下单元换能器将接收到的连续声波信号转换为连续时域电压信号;2) 前置放大器、带通滤波器对上述连续时域电压信号进行放大、滤波;3) 水下单元单片机对上述经放大、滤波后的连续时域电压信号进行模-数转换,将连续时域电压信号转换为连续时域数字信号;4) 水下单元单片机将上述经模-数转换的连续时域数字信号沿时间轴进行离散,将连续时域数字信号转换为离散时域数字信号;5) 水下单元单片机对上述离散时域数字信号进行快速傅立叶变换,将离散时域数字信号转换为离散频域数字信号;6) 水下单元单片机按照离散时间顺序,在各离散频域数字信号内对各特征频段进行搜索,若某特征频段的幅值超过预先设定的触发值,则认为在该离散频域数字信号对应的时刻,接收到使用该特征频段的测距声波信号。

2. 根据权利要求1所述的基于单向水声测距的海洋地震拖缆位置测量方法,其特征是所述的步骤(6)中船载系统中的数据处理软件是使用“平移法”对各水面单元的GPS位置数据、特征频段测距声波信号的发射时间,各水下单元的垂直位置数据、各特征频段测距声波信号的接收时间进行处理。

基于单向水声测距的海洋地震拖缆位置测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种海洋地震拖缆位置测量方法,尤其是一种基于单向水声测距的海洋地震拖缆位置测量方法,属于海洋地震勘探技术领域。

背景技术

[0002] 海洋地震勘探系统通常由海洋地震勘探船、地震源、海洋地震拖缆和拖缆控制装置组成。海洋地震勘探船通常为—艘或数艘水面船舶。地震源通常为气枪或阵列气枪。海洋地震拖缆,简称拖缆,通常为—根或数根长约数千米的水下电缆,其内部安装有水听器阵列,用于接收地震反射波。拖缆控制装置用于控制海洋地震拖缆的位置,按照安装位置,其可以划分为缆首导向器、拖缆控制器和缆尾浮标,分别用于对拖缆首部、中部和尾部位置的控制。

[0003] 在海洋地震勘探过程中,地震源和海洋地震拖缆由海洋地震勘探船拖曳,以 3-5 节的航速航行。地震源以一定时间间隔发射,产生的地震波通过海水传播至海底地质构造中,在两种地层的分界面上发生反射,地震反射波由安装在拖缆中的水听器阵列接收,形成地震数据。将上述地震数据连同拖缆的位置数据输入海洋地震数据解释系统中,便可以得到目标海域的海底地质构造。

[0004] 海洋地震拖缆的位置数据由海洋地震拖缆位置测量系统测得。但是,海洋地震拖缆长约数千米,任何拖缆位置测量系统和方法都不可能同时对拖缆上各点实施测量,而只能对拖缆上某些兴趣点实施测量,并使用插值的方法估算海洋地震拖缆各点的位置。

[0005] 已有技术中,专利号为 6839302B2 的美国专利公开了一种海洋地震拖缆位置测量系统,并公开了一种应用在该系统中的海洋地震拖缆位置测量方法。该专利设计了一种水声测距分段。该水声测距分段沿拖缆长度方向,以一定间隔嵌装在拖缆中,每个水声测距分段内部安装有一个声波发射器和一个声波接收器。该专利采用的位置测量方法如下:各水声测距分段中的声波发射器向其它水声测距分段中的声波接收器发射特征声波信号并记录发射时间,各水声测距分段中的声波接收器接收其它水声测距分段中的声波发射器发射的特征声波信号,识别后分别记录各特征声波信号的接收时间;根据各特征声波信号的发射、接收时间差和水中声速,可以得出各水声测距分段之间的距离;将上述各水声测距分段之间的距离进行综合计算,可以得出各水声测距分段之间的相对位置;若已知任意一个或数个水声测距分段的绝对位置,则可以得出各水声测距分段的绝对位置,并由此算出拖缆各点的位置。这种拖缆位置测量方法需要拖缆位置测量系统在各水声测距分段中安装声波发射器,但水声测距分段嵌装在拖缆中,其内部的空间有限,无法安装大功率声波发射器,导致水声测距作用距离较短,需要安装很多水声测距分段;需要拖缆位置测量系统在各水声测距分段中安装声波发射器,声波发射器在工作时会干扰临近的水听器阵列。

[0006] 专利号为 03811783.5 的中国专利公开了一种海洋地震拖缆位置测量系统,并公开了一种应用在该系统中的海洋地震拖缆位置测量方法。该专利设计了一种表面装置。该表面装置由海洋地震勘探船拖曳航行,其内部安装有一个 GPS 接收机和一个声波发射器。

该专利还设计了一种声波接收设备。该声波接收设备沿拖缆长度方向,以一定间隔固定安装在拖缆外部,其内部安装有一个声波接收器。该专利采用的位置测量方法如下:各表面装置接收 GPS 信号以确定自身的位置,并通过声波信息信号将其自身的位置信息向水中发射,各声波接收设备接收各表面装置发射的声波信息信号;每个声波接收设备仅需接收到三个不同的表面装置发射的声波信息信号,通过解码、计算便可以得出其自身的位置,并由此算出拖缆各点的位置。这种拖缆位置测量方法需要拖缆位置测量系统使用声波信息信号,在提高测量精度的同时,极大地增加了测量系统、测量方法复杂程度,使设备成本急剧升高;需要拖缆位置测量系统在拖缆外部安装声波接收设备,声波接收设备会导致水流流动噪声,干扰临近的水听器阵列。

发明内容

[0007] 为了克服已有技术的不足和缺陷,本发明提供一种基于单向水声测距的海洋地震拖缆位置测量方法。该测量方法选取以一定间隔安装在海洋地震拖缆中部的各拖缆控制器作为兴趣点实施测量,并使用插值的方法算出海洋地震拖缆各点的位置。

[0008] 本发明是通过下述技术方案实现的。本发明测量方法是采用基于单向水声测距的海洋地震拖缆位置测量系统,该测量系统包括海洋地震勘探船船载系统、水面单元、水下单元、数据电缆和供电电缆。船载系统安装在海洋地震勘探船上,由计算机硬件、控制软件和数据处理软件组成。数个水面单元分别安装在海洋地震勘探船、各海洋地震拖缆的缆首导向器、缆尾浮标和由海洋地震勘探船拖曳的浮筒上,并随船在水面航行。各水面单元包括由水面单元换能器和声波发射器组成的声波发射装置、由 GPS 天线和 GPS 接收机组成的 GPS 接收装置、水面单元单片机和水面单元供电装置。水面单元可以接收 GPS 信号以确定其自身的位置数据;水面单元还可以以其独占的频段发射特征频段测距声波信号,并记录发射时间。数个水下单元分别安装在各海洋地震拖缆的拖缆控制器中,并随海洋地震拖缆在水下航行。各水下单元包括水下单元换能器和声波接收器组成的声波接收装置、前置放大器、带通滤波器、水下单元单片机、深度传感器和水下单元供电装置。水下单元可以接收各水面单元发射的特征频段测距声波信号,并对上述特征频段测距声波信号进行处理、识别,然后分别记录各特征频段测距声波信号的接收时间;水下单元还可以测量其自身的垂直位置数据。船载系统通过数据电缆与各水面单元、水下单元通信,通过供电电缆向各水面单元、水下单元供电。

[0009] 本发明使用任意三个水面单元的位置数据、待测水下单元的垂直位置数据和上述三个水面单元至待测水下单元的距离,利用公式 (1) 计算得出待测水下单元的位置数据。

$$[0010] \quad (x-x_i)^2+(y-y_i)^2+(z-z_i)^2 = r_i^2, i = 1,2,3,4 \quad (1)$$

[0011] 式中

[0012] (x, y, z) 为待测水下单元的坐标;

[0013] (x_i, y_i, z_i) 为水面单元的坐标;

[0014] r_i 为水面单元至待测水下单元的距离。

[0015] 本发明一次测量方法的步骤如下。

[0016] (1) 船载系统中的控制软件通过数据电缆发送校准时钟指令,各水面单元单片机接收指令,校准时钟;各水下单元单片机接收指令,校准时钟。

[0017] (2) 船载系统中的控制软件通过数据电缆发送准备测距指令,各水面单元单片机接收指令,开始以一定时间间隔记录由GPS接收装置算得的GPS位置数据;各水下单元单片机接收指令,开始以一定时间间隔记录由深度传感器测得的垂直位置数据。

[0018] (3) 船载系统中的控制软件通过数据电缆发送开始测距指令,各水面单元单片机接收指令,开启声波发射装置,在预定时刻以其独占的频段向水中发射特征频段测距声波信号;各水下单元单片机接收指令,开启声波接收装置。

[0019] (4) 各水下单元的声波接收装置相继接收到各水面单元发射的特征频段测距声波信号,前置放大器、带通滤波器和水下单元单片机对接收到的特征频段测距声波信号实时处理、识别,并记录各特征频段测距声波信号的接收时间。

[0020] (5) 船载系统中的控制软件通过数据电缆发送测距结束指令,各水面单元单片机接收指令,停止记录上述GPS位置数据,并通过数据电缆将上述GPS位置数据、特征频段测距声波信号的发射时间传输至船载系统中储存;各水下单元单片机接收指令,关闭声波接收装置,停止记录上述垂直位置数据,并将上述垂直位置数据和各特征频段测距声波信号的接收时间传输至船载系统中储存。

[0021] (6) 船载系统中的数据处理软件调用上述各水面单元的GPS位置数据、特征频段测距声波信号的发射时间,各水下单元的垂直位置数据、各特征频段测距声波信号的接收时间,进行综合处理、计算,便可以得出各水下单元的位置。

[0022] (7) 船载系统中的数据处理软件调用上述各水下单元的位置,使用插值的方法算出该次测量中海洋地震拖缆各点的位置。

[0023] 按照预先设置的测量时间间隔,船载系统中的控制软件控制拖缆位置测量系统按照上述测量方法进行工作,便可以连续得出各水下单元的位置,从而实现了对海洋地震拖缆各点位置的连续测量。

[0024] 虽然本发明只应用三个水面单元的位置数据、待测水下单元的垂直位置数据和上述三个水面单元至待测水下单元的距离,便可以计算得出该待测水下单元的位置数据。若待测水下单元接收并识别出超过三个水面单元发射的特征频段测距声波信号,则在接收到的特征频段测距声波信号中任意选取三个,按照上述方法,都可以算出一组该水下单元的位置数据。再对所得出的该水下单元的多组位置数据进行拟合,便可以精确得出该水下单元的位置数据。

[0025] 本发明使用特征频段测距声波信号,即各水面单元以其独占的频段向水中发射测距声波信号,以区别其它水面单元发射的测距声波信号;本发明使用的相邻特征频段之间具有一定的间隔,目的是避免多个水面单元发射的相邻特征频段测距声波信号相互干扰;本发明的各水下单元在一次测量中,仅记录各特征频段测距声波信号的第一次接收时间,目的是避免同一水面单元发射的经多次反射特征频段测距声波信号的干扰;本发明设置的测量时间间隔大于特征频段测距声波信号由各水面单元到最远端水下单元的传递时间,并留有一定余量,目的是防止同一水面单元在两次测量中发射的特征频段测距声波信号相互干扰。

[0026] 本发明的有益效果:本发明通过采用单向水声测距,仅需要测量系统在各水面单元安装声波发射装置、水下单元安装声波接收装置,在增加水声测距作用距离的同时,减少声波发射器对水听器组的干扰;通过采用特征频段测距声波信号,即各水面单元以其独占

的频段发射特征频段测距声波信号,简化了各水下单元对测距声波信号的识别方法,降低了测量系统和测量方法复杂度。

附图说明

[0027] 图 1 是本发明采用的海洋地震拖缆位置测量系统示意图;

[0028] 图 2 是本发明测量方法示意图。

[0029] 图中,1 是海洋地震勘探船,2 是缆首导向器,3 是地震源,4 是拖缆控制器,5 是缆尾浮标,6 是海洋地震拖缆,7 是浮筒,0₁、0₂ 和 0₃ 分别是三个水面单元,0 是待测水下单元。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图对本发明的具体实施作进一步描述。

[0031] 如图 1 所示,本发明基于单向水声测距的海洋地震拖缆位置测量方法所采用的测量系统包括海洋地震勘探船船载系统、水面单元、水下单元、数据电缆和供电电缆。船载系统安装在海洋地震勘探船 1 上,由计算机硬件、控制软件和数据处理软件组成。数个水面单元分别安装在海洋地震勘探船 1、各海洋地震拖缆 6 的缆首导向器 2、缆尾浮标 5 和由海洋地震勘探船拖曳的浮筒 7 上,并随海洋地震勘探船 1 在水面航行。各水面单元包括由水面单元换能器和声波发射器组成的声波发射装置、由 GPS 天线和 GPS 接收机组成的 GPS 接收装置、水面单元单片机和水面单元供电装置。水面单元可以接收 GPS 信号以确定其自身的位置数据;水面单元还可以以其独占的频段发射特征频段测距声波信号,并记录发射时间。数个水下单元分别安装在各海洋地震拖缆 6 的拖缆控制器 4 中,并随海洋地震拖缆 6 在水下航行。各水下单元包括由水下单元换能器和声波接收器组成的声波接收装置、前置放大器、带通滤波器、水下单元单片机、深度传感器和水下单元供电装置。水下单元可以接收各水面单元发射的特征频段测距声波信号,并对上述特征频段测距声波信号进行处理、识别,然后分别记录各特征频段测距声波信号的接收时间;水下单元还可以测量其自身的垂直位置数据。船载系统通过数据电缆与各水面单元、水下单元通信,通过供电电缆向各水面单元、水下单元供电。

[0032] 本发明使用任意三个水面单元的位置数据、待测水下单元的垂直位置数据和上述三个水面单元至待测水下单元的距离,利用公式 (1) 计算得出待测水下单元的位置数据。

$$[0033] \quad (x-x_i)^2+(y-y_i)^2+(z-z_i)^2 = r_i^2, \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (1)$$

[0034] 式中

[0035] (x, y, z) 为待测水下单元的坐标;

[0036] (x_i, y_i, z_i) 为水面单元的坐标;

[0037] r_i 为水面单元至待测水下单元的距离。

[0038] 如图 2 所示,以安装在海洋地震勘探船 1 和两个缆首导向器 2 上的三个水面单元和安装在一个拖缆控制器 4 上的待测水下单元为例,本发明一次测量方法的步骤如下。

[0039] (1) 船载系统中的控制软件通过数据电缆发送校准时钟指令,水面单元 0₁、0₂ 和 0₃, 待测水下单元 0 的单片机接收指令,校准时钟。

[0040] (2) 船载系统中的控制软件通过数据电缆发送准备测距指令,水面单元 0₁、0₂ 和 0₃ 的单片机接收指令,开始以一定时间间隔记录由 GPS 接收装置算得的 GPS 位置数据;待测

水下单元 0 的单片机接收指令,开始以一定时间间隔记录由深度传感器测得的垂直位置数据。

[0041] (3) 船载系统中的控制软件通过数据电缆发送开始测距指令,水面单元 O_1 、 O_2 和 O_3 的单片机接收指令,开启声波发射装置,在预定 $t = t_0$ 时刻分别发射出 f_1 、 f_2 、 f_3 特征频段测距声波信号,此时水面单元 O_1 、 O_2 、 O_3 分别位于 A、B、C 点;待测水下单元 0 的单片机接收指令,在预定 $t = t_0$ 时刻开启声波接收装置,此时待测水下单元 0 位于 P 点。

[0042] (4) 待测水下单元 0 的声波接收装置对接收到的声波信号进行实时处理、识别: $t = t_1$ 时刻,接收并识别出特征频段测距声波信号 f_1 ,记录其接收时间 t_1 ,此时待测水下单元 0 随拖缆前进至 Q 点; $t = t_2$ 时刻,接收并识别出特征频段测距声波信号 f_2 ,记录其接收时间 t_2 ,此时待测水下单元 0 随拖缆前进至 R 点; $t = t_3$ 时刻,接收并识别出特征频段测距声波信号 f_3 ,记录其接收时间 t_3 ,此时待测水下单元 0 随拖缆前进至 S 点。待测水下单元对接收到的声波信号处理、识别方法如下。

[0043] 1) 水下单元换能器将接收到的连续声波信号转换为连续时域电压信号。

[0044] 2) 前置放大器、带通滤波器对上述连续时域电压信号进行放大、滤波。

[0045] 3) 水下单元单片机对上述经放大、滤波后的连续时域电压信号进行模数转换,将连续时域电压信号转换为连续时域数字信号。

[0046] 4) 水下单元单片机将上述经模数转换的连续时域数字信号沿时间轴进行离散,将连续时域数字信号转换为离散时域数字信号。

[0047] 5) 水下单元单片机对上述离散时域数字信号进行快速傅立叶变换,将离散时域数字信号转换为离散频域数字信号。

[0048] 6) 水下单元单片机按照离散时间顺序,在各离散频域数字信号内对各特征频段进行搜索。若某特征频段的幅值超过预先设定的触发值,则认为在该离散频域数字信号对应的时刻,接收到使用该特征频段的测距声波信号。

[0049] (5) 船载系统中的控制软件通过数据电缆发送测距结束指令,水面单元 O_1 、 O_2 和 O_3 的单片机接收指令,停止记录上述 GPS 位置数据,并通过数据电缆将上述 GPS 位置数据、声波发射时间传输至船载系统中储存;待测水下单元 0 的单片机接收指令,关闭声波接收装置,停止记录上述垂直位置数据,并将上述垂直位置数据、各特征频段测距声波信号的时间传输至船载系统中储存。

[0050] (6) 船载系统中的数据处理软件调用上述水面单元 O_1 、 O_2 和 O_3 的 GPS 位置数据、特征频段测距声波信号的发射时间,待测水下单元 0 的垂直位置数据、各特征频段测距声波信号的接收时间,进行综合处理、计算如下。

[0051] 1) 调用 t_0 、 t_1 、 t_2 、 t_3 ,按照公式 (2) 计算得出 AQ、BR、CS 点之间的距离 r_1 、 r_2 、 r_3 。

[0052] $r_i = v(t_i - t_0)$, $i = 1, 2, 3$ (2)

[0053] 式中

[0054] v 为水中声速。

[0055] 2) 因为安装在待测水下单元 0 上的声波接收装置分别在待测水下单元 0 位于 Q、R、S 点的时刻接收到特征频段测距声波信号 f_1 、 f_2 、 f_3 ,所以需要对数据进行处理。因为水中声速远大于船速,可以假设在待测水下单元 0 的声波接收装置接收上述三个特征频段测距声波信号的时间段内,水面单元 O_1 、 O_2 、 O_3 与待测水下单元 0 的相对位置不变。由上述假设,

采用“平移法”将距离 r_1 、 r_2 沿海洋地震勘探船 1 前进方向平移,如图 2 中虚线所示。平移后,相当于 $t = t_0$ 时刻,位于 C 点的水面单元 O_3 的声波发射装置发射特征频段测距声波信号 f_3 ; $t = t_0 + (t_3 - t_2)$ 时刻,位于 B_1 点的水面单元 O_2 的声波发射装置发射特征频段测距声波信号 f_2 ; $t = t_0 + (t_3 - t_1)$ 时刻,位于 A_1 点的水面单元 O_1 的声波发射装置发射特征频段测距声波信号 f_1 ; $t = t_3$ 时刻,位于 S 点的待测水下单元 0 的声波接收装置同时接收到特征频段测距声波信号 f_1 、 f_2 、 f_3 。

[0056] 3) 调用 A_1 点、 B_1 点、C 点的 GPS 位置数据 (x_{A1}, y_{A1}, z_{A1}) 、 (x_{B1}, y_{B1}, z_{B1}) 、 (x_C, y_C, z_C) 和 $t = t_3$ 时刻待测水下单元 0 的垂直位置数据 z_S ,按照公式 (3),便可以计算得出 $t = t_3$ 时刻待测水下单元 0 所在 S 点的位置数据 (x_S, y_S, z_S) 。

$$[0057] \begin{cases} (x_S - x_{A1})^2 + (y_S - y_{A1})^2 + (z_S - z_{A1})^2 = r_1^2 \\ (x_S - x_{B1})^2 + (y_S - y_{B1})^2 + (z_S - z_{B1})^2 = r_2^2 \\ (x_S - x_C)^2 + (y_S - y_C)^2 + (z_S - z_C)^2 = r_3^2 \end{cases} \quad (3)$$

[0058] (7) 各待测水下单元均采用上述 (1)——(6) 的步骤,就可以得到各待测水下单元的位置数据。船载系统中的数据处理软件调用上述各水下单元的位置数据,使用插值的方法算出该次测量中海洋地震拖缆各点的位置。

[0059] 按照预先设置的测量时间间隔,船载系统中的控制软件控制拖缆位置测量系统按照上述测量方法进行工作,便可以连续得出各水下单元的位置,从而实现了对海洋地震拖缆各点位置的连续测量。

[0060] 虽然本发明只应用三个水面单元的位置数据、待测水下单元的垂直位置数据和上述三个水面单元至待测水下单元的距离,便可以计算得出该待测水下单元的位置数据。若待测水下单元接收并识别出超过三个水面单元发射的特征频段测距声波信号,则在接收到的特征频段测距声波信号中任意选取三个,按照上述方法,都可以算出一组该水下单元的位置数据。再对所得出的该水下单元的多组位置数据进行拟合,便可以精确得出该水下单元的位置数据。

[0061] 本发明使用特征频段测距声波信号,即各水面单元以其独占的频段向水中发射测距声波信号,以区别其它水面单元发射的测距声波信号;本发明使用的相邻特征频段之间具有一定的间隔,目的是避免多个水面单元发射的相邻特征频段测距声波信号相互干扰;本发明的各水下单元在一次测量中,仅记录各特征频段测距声波信号的第一次接收时间,目的是避免同一水面单元发射的经多次反射特征频段测距声波信号的干扰;本发明设置的测量时间间隔大于特征频段测距声波信号由各水面单元到最远端水下单元的传递时间,并留有一定余量,目的是防止同一水面单元在两次测量中发射的特征频段测距声波信号相互干扰。

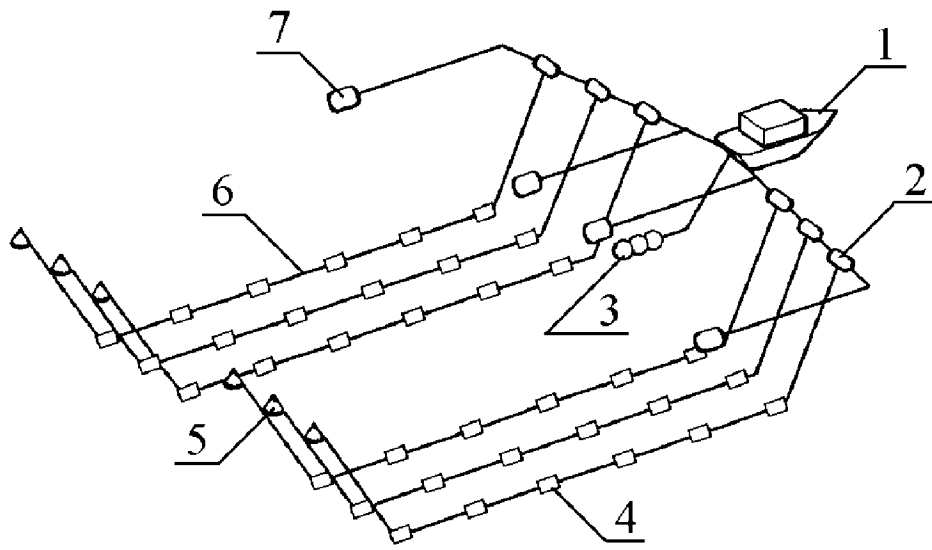


图 1

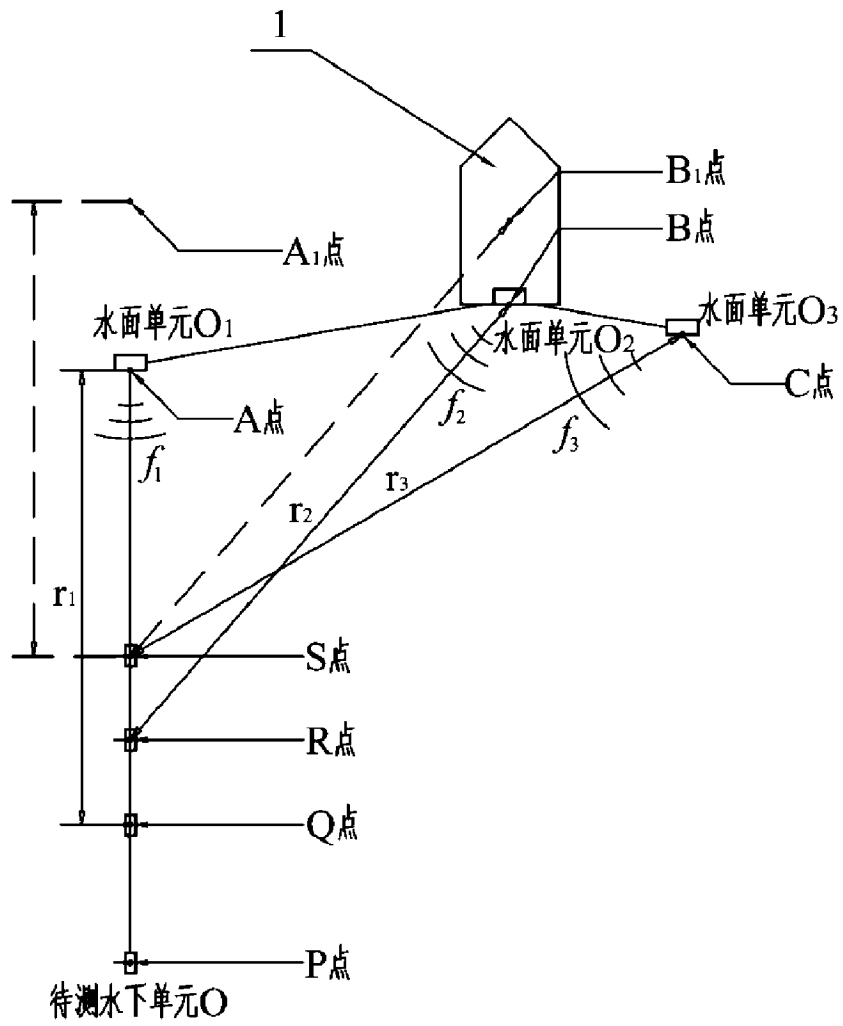


图 2