



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105242321 A

(43) 申请公布日 2016. 01. 13

(21) 申请号 201510634936. 4

(22) 申请日 2015. 09. 30

(71) 申请人 中国地质大学(北京)

地址 100083 北京市海淀区学院路 29 号

(72) 发明人 王猛 邓明 陈凯 张启升

魏文博 金胜 景建恩 叶高峰

(74) 专利代理机构 北京中誉威圣知识产权代理有限公司 11279

代理人 蒋常雪

(51) Int. Cl.

G01V 3/12(2006. 01)

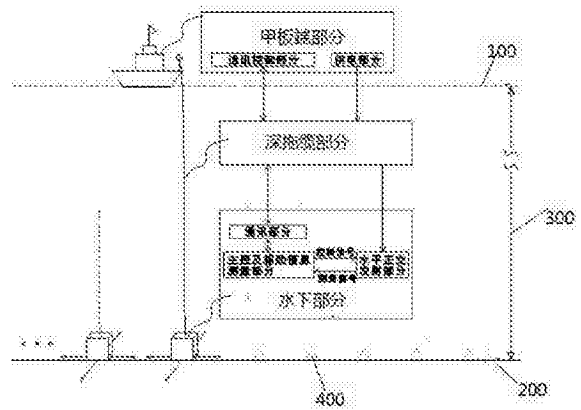
权利要求书3页 说明书11页 附图2页

(54) 发明名称

一种海洋坐底式水平正交发射系统及其使用方法

(57) 摘要

本发明公开了一种海洋坐底式水平正交发射系统及其使用方法。该系统由甲板端部分、深拖缆部分和水下部分等部件集合而成，甲板端部分实现通信控制和供电功能，深拖缆部分实现信息和电力传输以及牵引功能，水下部分实现通信控制和水平正交电磁波发射功能，各个部件间协同作业，在海底利用水平正交发射电极实现了分时发射人工源电磁波的功能。通过该系统与水下电磁信号接收设备相配合，按照所提供的使用方法，可以实现基于人工可控源电磁信号进行海底矿产资源探测的目标。该系统具有自动化程度高，探测成本低的特点。



1. 一种海洋坐底式水平正交发射系统,其特征在于:所述系统由甲板端部分、深拖缆部分和水下部分构成,甲板端部分包括通信控制部件和供电部件,深拖缆部分为万米铠装光电复合缆,包含3根光纤和3根电力缆,水下部分包括通讯部件、主控及辅助信息测量部件和水平正交发射部件,深拖缆部分的上端与甲板端部分连接且下端与水下部分相连,甲板端部分实现通信控制和供电功能,深拖缆部分实现信息和电力传输以及牵引功能,水下部分实现通信控制和水平正交电磁波发射功能,各个部件间协同作业,在海底利用水平正交发射电极分时发射人工源电磁波。

2. 根据权利要求1所述的一种海洋坐底式水平正交发射系统,其特征是:所述甲板端部分的供电部件包括船载大功率发电机、升压变压器、升压变压器控制器与光电滑环,船载大功率发电机与升压变压器控制器相连,升压变压器控制器与船载大功率发电机和升压变压器相连,升压变压器与升压变压器控制器和光电滑环相连,光电滑环与深拖缆相连,所述的升压变压器包含三组高压抽头,分别输出2500VAC、2650VAC、2800VAC三个高压电压;所述甲板端部分的通信控制部件安装在仪器控制室内,包括甲板监控计算机1、甲板监控计算机2、多路串口光端机、视频光端机、光纤1和光纤2,其中,甲板监控计算机1与多路串口光端机相连,多路串口光端机与光纤1相连,甲板监控计算机2与视频光端机相连,视频光端机与光纤2相连,光纤1、光纤2分别通过光电滑环与深拖缆相连,所述深拖缆部分上端与所述甲板端部分的光电滑环相连,下端与所述水下部分的承重头相连。

3. 根据权利要求1所述的一种海洋坐底式水平正交发射系统,其特征是:所述水下部分包括承重头、终端接线盒、降压变压器、海底承压密封舱、仪器框架、铅块、摄像头、照明灯、高度计、深度计、CTD传感器、USBL超短基线定位信标以及水平正交发射电极,其中:承重头与深拖缆和终端接线盒相连;终端接线盒从深拖缆引出通信光纤和电力线,引出的其中一根通信光纤与承压密封舱内多路串口光端机相连,引出的另一根光纤与承压密封舱内视频光端机相连,电力线与降压变压器相连接;降压变压器通过专门的水密接插件与海底承压密封舱内部的整流模块相连,降压变压器安装于一个专门的密封舱内,内部充有绝缘导热油;海底承压密封舱内部安装了海洋坐底式水平正交发射系统水下部分的控制和通信部件;仪器框架由耐海水腐蚀的特种钢构成,包含板材、管材、弯管和角钢等;铅块安装于仪器框架中间底部;摄像头通过水密电缆和水密插座与海底承压密封舱相连;照明灯通过水密电缆和水密插座与海底承压密封舱相连;高度计安装在框架中部底端,底端预留出20cm×20cm的空间,高度计通过水密电缆和水密插座与海底承压密封舱相连;深度计通过水密电缆和水密插座与海底承压密封舱相连;CTD传感器为温度盐度深度传感器,通过水密电缆和水密插座与海底承压密封舱相连;USBL超短基线定位信标通过水密电缆和水密插座与海底承压密封舱相连;水平正交发射电极包括两对水平正交发射电极及其连接用的发射电缆,对于每条发射电缆来说,其一端通过水密接插件和水密电缆连接至海底承压密封舱末端端盖的信号发射端,另一端连至铜管材质的发射偶极,发射电极以紫铜作为发射偶极的材料,且选定接触面积大的空心状型材作为电极的结构。

4. 根据权利要求1所述的一种海洋坐底式水平正交发射系统,其特征是:所述甲板端部分是整个系统的监控和能源提供部件,其利用万米深拖缆与发射系统水下部分相连接,进行长距离远程通信和电能传输,利用与海底通信模块相匹配的上位机光电信号转换单元,以及基于高级可视化图形编程工具开发的上位机软件,实现对发射系统水下部分的监

控和信息记录,同时实现发射系统水下部分与甲板端的通信,通过船载大功率发电机、升压变压器、升压变压器控制器、仪器控制室与光电滑环,经由万米深拖缆与发射系统水下部分相连接,实现长距离、低损耗电能传输;所述深拖缆部分主要担负电能、信号传输和拖拽牵引功能,深拖缆为万米铠装光电复合缆,能够直接拖曳海洋坐底式水平正交发射系统水下部分行进,并通过终端接线盒引出通信光纤和电力线,利用光纤传输通信信号,利用电力线传输电能;所述水下部分是海底可控源电磁场的激励场源,实现水下环境探测、监控和电磁场信号发射功能,其和所述深拖缆相连,该水下部分利用深拖缆与甲板端监控软硬件进行远程通信,下载运行控制命令或上传状态信息,记录两对发射电极的方位,并实现在水下按照指令要求进行供电方向的记录和切换,利用海底摄像来观察和选择合适的着底地点,施放时实时监测发射系统水下部分框架距离海底的高度,同时实时记录发射系统水下部分的姿态方位的信息。

5. 根据权利要求 3 所述的一种海洋坐底式水平正交发射系统,其特征是:所述的海底承压密封舱是由非磁性材料超硬铝制成的圆柱型容器,通过一对不锈钢卡箍安装在发射系统水下部分仪器框架中部,内部安装了海洋坐底式水平正交发射系统水下部分的控制和通信部件,包括整流模块、双通道发射逆变模块、电压和电流传感器、温度传感器、双通道隔离驱动模块、辅助信息采集单元、多路串口光端机、通讯模块、视频光端机、视频监控模块、锂电池包、电源管理模块、散热模块和坐底式发射机主控单元,密封舱端盖上有数个水密接插件,以实现舱内外的电气连接,密封舱的承压指标达 45MPa,可在 4000m 水深处安全工作,其中,视频光端机与终端接线盒和视频监控模块相连接,视频监控模块经水密接插件与密封舱外的摄像头和照明灯相连接,其功能是用于接收甲板端部分对摄像头和照明灯的控制指令和将摄像头拍摄的图像上传至甲板端部分;多串口光端机与终端接线盒和通讯模块相连接,通讯模块经水密接插件与密封舱外的高度计、深度计、CTD 传感器、USBL 超短基线定位信标相连接,其功能是将环境信息上传至甲板端部分;通讯模块还与坐底式发射机主控单元相连接,坐底式发射机主控单元与辅助信息采集单元相连接,辅助信息采集单元与电压和电流传感器、温度传感器相连接,其功能是将海底承压密封舱内部环境信息上传至甲板端部分;整流模块与降压变压器和双通道发射逆变模块相连接,双通道发射逆变模块与水平正交发射电极和双通道隔离驱动模块相连接,双通道隔离驱动模块与坐底式发射机主控单元相连接,其功能是将整流模块输出的大功率直流电逆变为两路交流电,并分别通过两个水平正交发射电极 X+、X-、Y+ 和 Y- 发射至海水中。

6. 根据权利要求 1 所述的一种海洋坐底式水平正交发射系统,其特征是:利用所述的海洋坐底式水平正交发射系统实施海底矿产资源探测的方法,包括如下步骤:

将船开至预定发射点位附近,在海面上启动海洋坐底式水平正交发射系统,进行 GPS 对钟及仪器原理性测试;

原理性测试通过后,使用作业船 A 型吊臂设备将海洋坐底式水平正交发射系统水下部分投放入海中,作业船只开启动力定位功能,保持船只当前地理位置不变;

入水之后,发射系统水下部分受自身重力影响在深拖缆的牵引下,自由下沉抵达近海底,下沉过程中通过高度计时刻监视发射系统水下部分距离海底的高度。

7. 发射系统水下部分下沉至海底后,开启甲板发电机和变压器总开关,按照预定发射方案开始正式向海底供电;

通过仪器控制室的设备,控制发射系统水下部分进行电磁脉冲发射;

发射工作结束后,停止向海底供电;

供电结束后作业船只对设备进行回收,回收完成后,去往另一个预定点位继续之前的定点投放、发射、回收的工作步骤,直至所有的点位发射操作结束;

同时,投放至海底的混场源电磁接收机阵列在第一次发射工作之前就已经开始自动分段变采样率地进行海洋可控源电磁场数据采集;

发射系统水下部分与接收机之间的工作节拍相同,同步精度为 10^{-8} s/s;

海底发射和测量结束后,回收各台接收机仪器设备;

最后对存储在发射系统水下部分和接收机内部的数据进行回放,经数字信号处理,获得海底以下的电阻率信息,通过分析海底纵向及横向的电阻率变化,并结合其他学科资料,可以对海底矿产资源分布和含量进行估计,为进行实际开采提供科学依据。

一种海洋坐底式水平正交发射系统及其使用方法

所属技术领域

[0001] 本发明属于地球物理勘探领域,涉及一种利用电磁学原理探测海底矿产资源的地球物理勘探设备,即一种海洋坐底式水平正交发射系统及其使用方法。

背景技术

[0002] 海底以下蕴藏着丰富的矿产资源,尤以石油、天然气、天然气水合物等最具经济价值。探测与开发海底矿产资源,对发展海洋经济,建设海洋强国具有重要意义。

[0003] 电磁学方法是当前探测海底矿产资源的一种重要手段,其基本原理是利用所探矿物与海底沉积物的电学性质差异。当包含矿产资源的地质层受到外界电磁波激发时,将产生综合的电磁感应,感应信号中携带着地下资源分布的产状、规模、埋深、电导率等物性信息。利用在海底投放的电磁接收机对此类信号进行探测,采用现代数字信号处理方法对探测到的感应信号进行反演与成像处理,就可推断出地下矿产资源的分布规律,为圈定资源开采靶区提供科学依据。

[0004] 电磁波激发场源分为可控源和被动源。可控源为人工场源,即以人工发射的电磁波激发被探测区域;被动源为天然激发场源,即电磁波能量来自电离层。总体来说,通过海洋可控源电磁探测方法可以获得海底以下介质纵向及横向的电阻率变化信息,并结合其他学科资料可对海底矿产资源的含量进行估计。本发明所涉及的发射系统就是人工激励场源中的一种,即海洋坐底式水平正交发射系统。

[0005] 设计和实现海洋可控源电磁探测仪器,主要面临以下技术难点:

1、海洋坐底式发射系统的集成技术,涉及到电磁学、材料学、流体力学、电力电子学等多门学科,远远超出了地面电磁场激发所涉及的学科范围,具有更为复杂的技术含量。

[0006] 2、坐底式水平正交的人工源电磁场激发技术。电磁发射系统水下部分采用了两对水平正交的发射电极(X方向和Y方向),这种类型的电极可以从两个正交的方向对海底以下的异常体进行激发,丰富感应电磁场的信息,然而,如何实现两个方向的分时供电,这是一个需要解决的问题。由于有关在海底开展坐底式水平正交的人工源电磁场激发技术,国内至今未见报道,所以这是本发明的其中一个技术难点。

[0007] 3、坐底式水平正交发射系统水下部分低压主控单元软硬件设计。海底工作的发射系统水下部分要求高稳定性和高智能化。坐底式水平正交发射系统水下部分低压主控单元软硬件是实现发射系统水下部分各项功能的核心控制单元,能够实现各种预定的控制功能。主控单元通过深拖缆和甲板端监控软硬件进行远程通信,下载运行控制命令或上传状态信息。海底的发射系统水下部分需要记录两对发射电极的方位,并要求实现在水下按照指令要求进行供电方向的记录和切换。而且为保证发射系统水下部分的安全,需利用海底摄像来观察和选择合适的着底地点,施放时应实时监测发射系统水下部分框架距离海底的高度,还要实时记录发射系统水下部分的姿态方位的信息。这是陆上电磁探测未曾涉及而海洋环境下却必须解决的特殊技术。

[0008] 4、远程数据通信和甲板端监控部分软硬件的开发。发射系统水下部分框架一经投

放入水后,只能通过甲板监控软件界面对其进行监控。为实现利用万米深拖缆进行长距离远程通信,需研制与海底通信模块相匹配的上位机光电信号转换单元,开发基于高级可视化图形编程工具的上位机软件,实现对发射系统水下部分的监控和信息记录,同时实现发射系统水下部分与甲板端的通信。

[0009] 上述技术问题都是海洋可控源电磁探测所面临的特殊问题,本发明正是围绕这些问题展开研究。

发明内容

[0010] 为了解决海洋可控源电磁探测面临的技术难题,本发明提供一种海洋坐底式水平正交发射系统及其使用方法。通过本发明提供的海洋坐底式水平正交发射系统及其使用方法,可以实现海洋可控源电磁探测目标。

[0011] 本发明提供一种海洋坐底式水平正交发射系统,其主要包括甲板端部分、深拖缆部分和水下部分。

[0012] 海洋坐底式水平正交发射系统甲板端部分包括船载大功率发电机、升压变压器、升压变压器控制器、仪器控制室与光电滑环等。

[0013] 船载大功率发电机与升压变压器以及升压变压器控制器相连,为整个发明装置提供大功率电能支持。

[0014] 升压变压器控制器与船载大功率发电机和升压变压器相连,包括交流接触器、旋钮开关、功率保险丝、电压表、电流表、绝缘在线监测仪及风扇。其中,功率保险丝用于保护电路系统;电压表和电流表用以测量升压变压器输出的电压和电流幅值;绝缘在线监测仪通过接地中性点对直流系统、单相和三相低压系统的绝缘状态进行在线连续监控;风扇用于甲板升压变压器机箱的内部散热;升压变压器控制器利用交流接触器和旋钮开关选择变压器的三组抽头,实现三种不同规格高压电压的输出。

[0015] 升压变压器与升压变压器控制器和光电滑环相连,利用大功率三相隔离变压器将船载发电机产生的三相工业电 380VAC 升压至高压,然后通过光电滑环在深拖缆中进行长距离传输。升压变压器包含三组高压抽头,分别输出 2500VAC、2650VAC、2800VAC 等三个高压电压。

[0016] 仪器控制室是工作人员操控仪器的空间。在仪器控制室内,仪器操作人员可以利用甲板监控计算机 1、甲板监控计算机 2、多路串口光端机、视频光端机、光纤 1 和光纤 2 等设备监控海洋坐底式水平正交发射系统水下部分的工作状况;多路串口光端机和视频光端机通过光电滑环与深拖缆相连。

[0017] 海洋坐底式水平正交发射系统深拖缆部分为万米铠装光电复合缆,包含 3 根光纤和 3 根电力线。其中光纤通过光端机的光电转换和串口接口,实现甲板端仪器控制室和发射系统水下部分内部通信模块的远程连接,其中的电力线用于电能的长距离低损耗传输。深拖缆上端通过光电滑环与升压变压器、光端机相连,下端通过承重头与发射系统水下部分相连,能够直接牵引海洋坐底式水平正交发射系统水下部分进行施放和回收,借助终端接线盒引出通信光纤和电力线,其具有一定的抗拉性能。

[0018] 海洋坐底式水平正交发射系统水下部分包括承重头、终端接线盒、降压变压器、海底承压密封舱、仪器框架、铅块、摄像头、照明灯、高度计、深度计、CTD 传感器、USBL 超短基

线定位信标以及水平正交发射电极等。其中,海底承压密封舱内部主要包括以下部分:整流模块、多路串口光端机、视频光端机、视频监控模块、通讯模块、双通道隔离驱动模块、双通道发射逆变模块、电压和电流传感器、温度传感器、辅助信息采集单元、坐底式发射机主控单元、电源管理模块、散热模块、锂电池包等。

[0019] 承重头将深拖缆与海洋坐底式水平正交发射系统水下部分相连,能够直接牵引海洋坐底式水平正交发射系统水下部分进行施放和回收;

终端接线盒从深拖缆引出通信光纤和供电用电力线,引出的其中一根通信光纤与承压密封舱内多路串口光端机相连,引出的另一根通信光纤与承压密封舱内视频光端机相连。引出的电力线通过降压变压器与海底承压密封舱内整流模块相连接。

[0020] 降压变压器将深拖缆中传输的交流高压变换至交流低压,并通过专门的水密接插件接至海底承压密封舱内部的整流模块。降压变压器安装于一个专门的密封舱内,内部充有绝缘导热油,电力转换过程中产生的热量,可通过密封舱壁,借助海水散热。

[0021] 海底承压密封舱内部安装了海洋坐底式水平正交发射系统水下部分的控制部件,采集外部传感器输送的信号,将降压变压器输出的大功率低压交流电转换为大功率直流逆变脉冲,并通过水平正交发射电极发送出去。

[0022] 仪器框架是用耐海水腐蚀的特种钢制作完成,包含板材、管材、弯管和角钢等,用于承载海洋坐底式水平正交发射系统水下部分的部件,这些部件包括承重头、终端接线盒、降压变压器、海底承压密封舱、铅块、摄像头、照明灯、高度计、深度计、CTD 传感器、USBL 超短基线定位信标以及水平正交发射电极等。

[0023] 铅块安装于仪器框架中间底部,作为海洋坐底式水平正交发射系统水下部分的配重,有助于坐底式发射系统水下部分快速稳定下沉,减少仪器的晃动,增加稳定性。

[0024] 摄像头通过水密电缆和水密插座与海底承压密封舱相连,利用承压密封舱内视频光端机接收摄像头控制信号,并将水下环境以视频信号的形式通过视频光端机与光纤传输至水上控制端。

[0025] 照明灯通过水密电缆和水密插座与海底承压密封舱相连,其作用是为海底无光环境下的摄像提供光源;通过摄像头与照明灯,实现海底摄像功能,用于观察海底环境和选择适合的着底地点。

[0026] 高度计通过水密电缆和水密插座与海底承压密封舱相连,安装在框架中部底端,底端预留出 20cm×20cm 的空间,利于声波信号测距,利用声学特性测量海洋坐底式水平正交发射系统水下部分距离海底的高度,其输出的信号通过专门的水密电缆连接至承压密封舱端盖,进而连接至承压密封舱内部的主控单元,再通过通信模块传送至甲板端监控部分。

[0027] 深度计通过水密电缆和水密插座与海底承压密封舱相连,用于测量海洋坐底式水平正交发射系统水下部分所在位置的实时水深,即深度计所在位置与海平面的距离。

[0028] CTD 传感器为温度盐度深度传感器,测量所处环境的温度盐度与深度,并进行记录。

[0029] USBL 超短基线定位信标可输出绝对位置信息,实现发射系统水下部分拖体的三维准确的定位,并通过声学信号实时将定位信息上传至甲板端部分。

[0030] 承压密封舱是由非磁性材料超硬铝制成的圆柱型容器,通过一对不锈钢卡箍安装在发射系统水下部分框架中部,承压密封舱内部安装有发射系统水下部分的所有电路器件

和锂电池包,密封舱端盖上有数个水密接插件,以实现舱内外的电气连接,密封舱的承压指标达 45MPa,可在 4000m 水深处安全工作。

[0031] 整流模块将降压变压器输出的低压交流电转换为低压直流电,并输送至双通道发射逆变模块。

[0032] 多路串口光端机实现光纤中的一路光信号与多路串口类型的电信号之间的互相转换。

[0033] 视频光端机实现光纤中的一路光信号与一路视频信号之间的互相转换。

[0034] 视频监控模块通过视频光端机将摄像头输入的视频信号转换为光信号传输至甲板端单元,同时,甲板端可以通过该模块控制摄像头与照明灯的开启和关闭,控制摄像头的调焦、背光、补光等操作。

[0035] 通讯模块将多路串口类型的电信号传输给坐底式发射机主控单元,另外,接收来自高度计和深度计的信号,与多路串口光端机相配合,将这些信号转换为光信号,通过深拖缆与甲板端建立远程通信,上传和下载通讯信息。

[0036] 双通道隔离驱动模块主要实现将主控单元输出的低压控制信号隔离转换为两路能够驱动智能功率模块的电压信号。

[0037] 双通道发射逆变模块在双通道隔离驱动模块输出信号的控制下,将整流模块输出的大功率直流电逆变为两路交流电,并分别通过两个水平正交发射电极 X+、X-、Y+ 和 Y- 发射至海水中,其中 X+ 和 X- 为一对,Y+ 和 Y- 为一对,两对之间的排布呈水平正交形式。

[0038] 电压传感器用来检测直流供电电压和锂电池包剩余电量;电流传感器用于监测两对水平正交发射电极 X+、X-、Y+ 和 Y- 中各自发射电流。

[0039] 温度传感器用于监测海底承压密封舱内部多个区域的温度。

[0040] 辅助信息采集单元主要包括:姿态方位读出模块,用于测量发射系统水下部分框架的俯仰、横滚和方位角等姿态方位信息;GPS 对钟及时间同步模块,承压密封舱内部包含由高精度温度补偿晶振构成的时钟稳定度为 10^{-8} s/s(周期稳定度的单位,秒每秒,即 1 秒中变化的量为 10^{-8} s)的实时钟模块,在海面一次性与 GPS 对钟后,该时钟源在整个海底测量期间为发射系统水下部分提供计时和同步功能。

[0041] 坐底式发射机主控单元完成如下功能:通过多路串口光端机将多路串口数据转换为能够进行长距离数据通信的光信号,在甲板端将光信号还原,从而实现发射系统水下部分与甲板端仪器控制室的通信;在未下水之前,通过串口进行 GPS 对钟,更新实时钟,进行时间同步;通过自定的协议通讯,使可编程逻辑控制芯片控制双通道隔离驱动模块,进而控制双通道发射逆变模块,使其能够开启、停止、更改发射频率和调整脉宽等。

[0042] 电源管理模块将锂电池包输出的电压转换为各个功能模块所需的电压,并进行低功耗的电源管理。

[0043] 锂电池包用于提供海底承压密封舱内部非功率电部分的电力供给,锂电池包可以利用降压变压器输出的交流信号对其进行充电。

[0044] 散热模块,由于海底承压密封舱内部进行的大功率逆变操作会产生热量,需要专门的散热模块进行监测和辅助散热,将热量通过海底承压密封舱的外壁消散。

[0045] 水平正交发射电极是传送大功率逆变电磁波的媒介,其包括两对水平正交发射电极及其连接用的发射电缆,分别为 X+ 和 X-,以及与其安装位置呈现水平正交形式的 Y+ 和

Y-。对于每条发射电缆来说,其一端通过水密接插件和水密电缆连接至海底承压密封舱末端端盖信号发射端,另一端连至铜管材质的发射偶极;发射电极经过若干次室内盐水槽测试,选定不易折断、导电性能好的紫铜作为发射偶极的材料,且选定接触面积大的空心状型材作为电极的结构,能有效降低功率损耗,利于向海底介质中发送大功率电流。

[0046] 另外,提供使用上述海洋坐底式水平正交发射系统的方法,其具体包括步骤:

(1) 将船开至预定发射点位附近,在海面上启动海洋坐底式水平正交发射系统,进行GPS对钟及仪器原理性测试;

(2) 原理性测试通过后,使用作业船A型吊臂设备将海洋坐底式水平正交发射系统水下部分投放入海中,作业船只开启动力定位功能,保持船只当前地理位置不变;

(3) 入水之后,发射系统水下部分受自身重力影响在深拖缆的牵引下,自由下沉抵达近海底,下沉过程中通过高度计时刻监视发射系统水下部分距离海底的高度。发射系统水下部分下沉至海底后,开启甲板发电机和变压器总开关,按照预定发射方案开始正式向海底供电;

(4) 通过仪器控制室的设备,控制发射系统水下部分进行电磁脉冲发射;

(5) 发射工作结束后,停止向海底供电;

(6) 供电结束后作业船只对设备进行回收,回收完成后,去往另一个预定点位继续之前的定点投放、发射、回收的工作步骤,直至所有的点位发射操作结束;

(7) 同时,投放至海底的混场源电磁接收机阵列在第一次发射工作之前就已经开始自动分频段变采样率地进行海洋可控源电磁场数据采集;

(8) 发射系统水下部分与接收机之间的工作节拍相同,同步精度为 10^{-8} s/s;

(9) 海底发射和测量结束后,回收各台接收机仪器设备;

(10) 最后对存储在发射系统水下部分和接收机内部的数据进行回放,经数字信号处理,获得海底以下的电阻率信息,通过分析海底纵向及横向的电阻率变化,并结合其他学科资料,可以对海底矿产资源分布和含量进行估计,为进行实际开采提供科学依据。

[0047] 本发明的有益效果是:由于本发明采用以上技术方案,与传统的地震勘探仪器相比,海上施工难度相对变小,并且该设备比以往同类地质勘探设备成本大幅度降低,揭示海底以下介质电性分层结构的优势明显,因此将进一步为海底以下蕴藏的诸如石油、天然气、硫化矿和天然气水合物之类的丰富矿产资源的探测提供准确详实的科学数据。

附图说明

[0048] 图1为依据本发明的海洋试验作业示意图;

图2为本发明的海洋坐底式水平正交发射系统原理框图;

附图中标记的文字说明:

VAC 交流电;

CTD 温度盐度深度;

USBL 超短基线定位;

附图1中,100为海面,200为海底,300为水深,最大海深4000m,400为海底混场源电磁接收机排列。

[0049] 附图2中,1表示海洋坐底式水平正交发射系统甲板端部分,2表示海洋坐底式水

平正交发射系统深拖缆部分,3 表示海洋坐底式水平正交发射系统水下部分。

[0050] 附图 2 中,11 表示升压变压器,12 表示升压变压器控制器,13 表示船载大功率发电机,14 表示仪器控制室,141 表示甲板监控计算机 1,142 表示多路串口光端机,143 表示甲板监控计算机 2,144 表示视频光端机,15 表示光电滑环。21 表示深拖缆。31 表示承重头,32 表示终端接线盒,33 表示降压变压器,35 表示仪器框架,36 表示铅块,37 表示摄像头,38 表示照明灯,39 表示高度计,3a 表示深度计,3b 表示 CTD 传感器,3c 表示 USBL 超短基线定位信标,3d 表示水平正交发射电极 X+,3e 表示水平正交发射电极 X-,3f 表示水平正交发射电极 Y+,3g 表示水平正交发射电极 Y-。34 表示海底承压密封舱,341 表示整流模块,342 表示多路串口光端机,343 表示视频光端机,344 表示视频监控模块,345 表示通信模块,346 表示双通道隔离驱动模块,347 表示双通道发射逆变模块,348 表示电压和电流传感器,349 表示温度传感器,34a 表示辅助信息采集单元,34b 表示坐底式发射系统水下部分主控单元,34c 表示电源管理模块,34e 表示散热模块。

具体实施方式

[0051] 依据本发明所述的海洋坐底式水平正交发射系统,利用坐底式水平正交方向双电偶源发射人工电磁场,激发海底以下的被探测目标体,测取其电磁感应信号,从而获得海底以下深层纵向及横向介质的电性结构信息,揭示底层结构和油气等矿产资源的分布规律。

[0052] 参见图 1、图 2,本发明采用的技术方案为一种海洋坐底式水平正交发射系统,其主要包括甲板端部分、深拖缆部分和水下部分。

[0053] 其中所述海洋坐底式水平正交发射系统甲板端部分包括船载大功率发电机、升压变压器、升压变压器控制器、仪器控制室与光电滑环等。

[0054] 所述船载大功率发电机与所述升压变压器以及所述升压变压器控制器相连,为整个发明装置提供大功率电能支持。

[0055] 所述升压变压器控制器与所述船载大功率发电机和所述升压变压器相连,包括交流接触器、旋钮开关、功率保险丝、电压表、电流表、绝缘在线监测仪及风扇;功率保险丝用于保护电路系统;电压表和电流表用以测量升压变压器输出的电压和电流幅值;绝缘在线监测仪通过接地中性点对直流系统,单相和三相低压系统的绝缘状态进行在线连续监控;风扇用于甲板升压变压器机箱的内部散热;升压变压器控制器利用交流接触器和旋钮开关选择变压器的三组抽头,实现三种不同规格高压电压的输出。

[0056] 所述升压变压器与所述升压变压器控制器和所述光电滑环相连,利用大功率三相隔离变压器将船载发电机产生的三相工业电 380VAC 升压至高压,然后通过光电滑环在深拖缆中进行长距离传输;升压变压器包含三组高压抽头,分别输出 2500VAC、2650VAC、2800VAC 等三个高压电压。

[0057] 在所述仪器控制室内,仪器操作人员可以利用甲板监控计算机 1、甲板监控计算机 2、多路串口光端机、视频光端机、光纤 1 和光纤 2 等设备监控海洋坐底式水平正交发射系统水下部分的工作状况;多路串口光端机和视频光端机通过所述光电滑环与所述深拖缆相连。

[0058] 所述海洋坐底式水平正交发射系统深拖缆部分为万米铠装光电复合缆,包含 3 根光纤和 3 根电力缆。其中的光纤通过光端机的光电转换和串口接口,实现所述甲板端仪器

控制室和所述发射系统水下部分内部通信模块的远程连接；其中的电力缆用于电能的长距离低损耗传输。深拖缆上端通过光电滑环与升压变压器、光端机相连，下端通过承重头与发射系统水下部分相连，能够直接牵引海洋坐底式水平正交发射系统水下部分进行施放和回收，借助终端接线盒引出通信光纤和电力线，其具有一定的抗拉性能。

[0059] 所述海洋坐底式水平正交发射系统水下部分包括承重头、终端接线盒、降压变压器、海底承压密封舱、仪器框架、铅块、摄像头、照明灯、高度计、深度计、CTD 传感器、USBL 超短基线定位信标以及水平正交发射电极等。海底承压密封舱内部主要包括以下部分：整流模块、多路串口光端机、视频光端机、视频监控模块、通讯模块、双通道隔离驱动模块、双通道发射逆变模块、电压和电流传感器、温度传感器、辅助信息采集单元、坐底式发射机主控单元、电源管理模块、散热模块、锂电池包等。

[0060] 所述承重头将所述深拖缆与所述海洋坐底式水平正交发射系统水下部分相连，能够直接牵引海洋坐底式水平正交发射系统水下部分进行施放和回收；

所述终端接线盒从所述深拖缆引出通信光纤和电力线，引出的其中一根通信光纤与所述承压密封舱内多路串口光端机相连，引出的另一根通信光纤与承压密封舱内视频光端机相连。引出的电力线通过降压变压器与海底承压密封舱内整流模块相连接。

[0061] 所述降压变压器将所述深拖缆中传输的交流高压变换至交流低压，并通过专门的水密接插件接至所述海底承压密封舱内部的整流模块。所述降压变压器安装于一个专门的密封舱内，内部充有绝缘导热油，电力转换过程中产生的热量，可通过密封舱壁，借助海水散热。

[0062] 所述海底承压密封舱的内部安装了所述海洋坐底式水平正交发射系统水下部分的控制部件，采集外部传感器输送的信号，将降压变压器输出的大功率低压交流转换为大功率直流逆变脉冲，并通过水平正交发射电极发送出去。

[0063] 所述仪器框架是用耐海水腐蚀的特种钢制作完成，包含板材、管材、弯管和角钢等，用于承载海洋坐底式水平正交发射系统水下部分的部件，所述部件包括承重头、终端接线盒、降压变压器、海底承压密封舱、铅块、摄像头、照明灯、高度计、深度计、CTD 传感器、USBL 超短基线定位信标以及水平正交发射电极等。

[0064] 所述铅块安装于所述仪器框架中间底部，作为海洋坐底式水平正交发射系统水下部分的配重，有助于所述坐底式发射系统水下部分快速稳定下沉，减少仪器的晃动，增加稳定性。

[0065] 所述摄像头通过水密电缆和水密插座与所述海底承压密封舱相连，利用承压密封舱内视频光端机接收摄像头控制信号，并将水下环境以视频信号的形式通过视频光端机与光纤传输至水上控制端。

[0066] 所述照明灯通过水密电缆和水密插座与所述海底承压密封舱相连，其作用是为海底无光环境下的摄像提供光源；通过所述摄像头与所述照明灯，实现海底摄像功能，用于观察海底环境和选择适合的着底地点。

[0067] 所述高度计通过水密电缆和水密插座与所述海底承压密封舱相连，安装在框架中部底端，底端预留出 20cm×20cm 的空间，利于声波信号测距，利用声学特性测量海洋坐底式水平正交发射系统水下部分距离海底的高度，其输出的信号通过专门的水密电缆连接至承压密封舱端盖，进而连接至承压密封舱内部的主控单元，再通过通信模块传送至甲板端

监控部分。

[0068] 所述深度计通过水密电缆和水密插座与所述海底承压密封舱相连,用于测量海洋坐底式水平正交发射系统水下部分所在位置的实时水深,即深度计所在位置与海平面的距离。

[0069] 所述 CTD 传感器为温度盐度深度传感器,测量所处环境的温度盐度与深度,并进行记录。

[0070] 所述 USBL 超短基线定位信标可输出绝对位置信息,实现发射系统水下部分拖体的三维准确的定位,并通过声学信号实时将定位信息上传至甲板端部分。

[0071] 所述承压密封舱是由非磁性材料超硬铝制成的圆柱型容器,通过一对不锈钢卡箍安装在发射系统水下部分框架中部,承压密封舱内部安装有发射系统水下部分的所有电路器件和锂电池包,密封舱端盖上有数个水密接插件,以实现舱内外的电气连接,密封舱的承压指标达 45MPa,可在 4000m 水深处安全工作。

[0072] 所述整流模块将所述降压变压器输出的低压交流电转换为低压直流电,并输送至所述双通道发射逆变模块。

[0073] 所述多路串口光端机实现光纤中的一路光信号与多路串口类型的电信号之间的互相转换。

[0074] 所述视频光端机实现光纤中的一路光信号与一路视频信号之间的互相转换。

[0075] 所述视频监控模块通过所述视频光端机将摄像头输入的视频信号转换为光信号传输至甲板端单元,同时,甲板端可以通过该模块控制摄像头与照明灯的开启和关闭,控制摄像头的调焦、背光、补光等操作。

[0076] 所述通讯模块将多路串口类型的电信号传输给所述坐底式发射机主控单元,另外,接收来自高度计和深度计的信号,与多路串口光端机相配合,将这些信号转换为光信号,通过深拖缆与甲板端建立远程通信,上传和下载通讯信息。

[0077] 所述双通道隔离驱动模块主要实现将所述坐底式发射机主控单元输出的低压控制信号隔离转换为两路能够驱动智能功率模块的电压信号。

[0078] 所述双通道发射逆变模块在所述双通道隔离驱动模块输出信号的控制下,将所述整流模块输出的大功率直流电逆变为两路交流电,并分别通过两个水平正交发射电极 X+、X-、Y+ 和 Y- 发射至海水中,其中 X+ 和 X- 为一对,Y+ 和 Y- 为一对,两对之间的排布呈水平正交形式。

[0079] 所述电压传感器用来检测直流供电电压和锂电池包剩余电量。所述电流传感器用于监测两对水平正交发射电极 X+、X-、Y+ 和 Y- 中各自发射电流。

[0080] 所述温度传感器用于监测海底承压密封舱内部多个区域的温度。

[0081] 所述辅助信息采集单元主要包括:姿态方位读出模块,用于测量发射系统水下部分框架的俯仰、横滚和方位角等姿态方位信息;GPS 对钟及时间同步模块,承压密封舱内部包含由高精度温度补偿晶振构成的时钟稳定度为 10^{-8} s/s (周期稳定度的单位,秒每秒,即 1 秒中变化的量为 10^{-8} s) 的实时钟模块,在海面一次性与 GPS 对钟后,该时钟源在整个海底测量期间为发射系统水下部分提供计时和同步功能。

[0082] 所述坐底式发射机主控单元完成如下功能:通过所述多路串口光端机将多路串口数据转换为能够进行长距离数据通信的光信号,在甲板端将光信号还原,从而实现所述发

射系统水下部分与所述甲板端仪器控制室的通信；在未下水之前，通过串口进行 GPS 对钟，更新实时钟，进行时间同步；通过自定的协议通讯，使可编程逻辑控制芯片控制双通道隔离驱动模块，进而控制双通道发射逆变模块，使其能够开启、停止、更改发射频率和调整脉宽等。

[0083] 所述电源管理模块将所述锂电池包输出的电压转换为各个功能模块所需的电压，并进行低功耗的电源管理。

[0084] 所述锂电池包用于提供海底承压密封舱内部非功率电部分的电力供给，锂电池包可以利用降压变压器输出的交流信号对其进行充电。

[0085] 所述散热模块是对所述海底承压密封舱内部进行监测和辅助散热，因为所述海底承压密封舱内部在进行将大功率逆变操作时会产生热量。

[0086] 所述水平正交发射电极是传送大功率逆变电磁波的媒介，其包括两对水平正交发射电极及其连接用的发射电缆，分别为 X+ 和 X-，以及与其安装位置呈现水平正交形式的 Y+ 和 Y-。对于每条发射电缆来说，其一端通过水密接插件和水密电缆连接至海底承压密封舱末端端盖信号发射端，另一端连至铜管材质的发射偶极；选定不易折断、导电性能好的紫铜作为发射偶极的材料，且选定接触面积大的空心状型材作为电极的结构，能有效降低功率损耗，利于向海底介质中发送大功率电流。

[0087] 利用所述海洋坐底式水平正交发射系统在海底进行可控源电磁场激发的方法，包括如下步骤：

(1) 将船开至预定发射点位附近，在海面上启动海洋坐底式水平正交发射系统，进行 GPS 对钟及仪器原理性测试；

(2) 原理性测试通过后，使用作业船 A 型吊臂设备将海洋坐底式水平正交发射系统水下部分投放入海中，作业船只开启动力定位功能，保持船只当前地理位置不变；

(3) 入水之后，发射系统水下部分受自身重力影响在深拖缆的牵引下，自由下沉抵达近海底，下沉过程中通过高度计时刻监视发射系统水下部分距离海底的高度。发射系统水下部分下沉至海底后，开启甲板发电机和变压器总开关，按照预定发射方案开始正式向海底供电；

(4) 通过仪器控制室的设备，控制发射系统水下部分进行电磁脉冲发射；

(5) 发射工作结束后，停止向海底供电；

(6) 供电结束后作业船只对设备进行回收，回收完成后，去往另一个预定点位继续之前的定点投放、发射、回收的工作步骤，直至所有的点位发射操作结束；

(7) 同时，投放至海底的混场源电磁接收机阵列在第一次发射工作之前就已经开始自动分频段变采样率地进行海洋可控源电磁场数据采集；

(8) 发射系统水下部分与接收机之间的工作节拍相同，同步精度为 10^{-8} s/s；

(9) 海底发射和测量结束后，回收各台接收机仪器设备；

(10) 最后对存储在发射系统水下部分和接收机内部的数据进行回放，经数字信号处理，获得海底以下的电阻率信息，通过分析海底纵向及横向的电阻率变化，并结合其他学科资料，可以对海底矿产资源分布和含量进行估计，为进行实际开采提供科学依据。

[0088] 为了更进一步详细说明本发明的技术方案，下面结合附图对本发明的结构原理和构成部分及使用方法进行具体描述。但是本领域技术人员应当清楚，下面对各相应部分的

解释和说明仅仅是示例性的；不应当将本发明限制到具体实施例，本领域技术人员也可以经过创造性劳动，通过其他途径来实现本发明的技术方案。

[0089] 参见图 2，图 2 为本发明的海洋坐底式水平正交发射系统原理框图。本发明是依据海洋可控源电磁法在近海底完成大功率坐底式电磁场激发的系统，包括甲板端部分 1、深拖缆部分 2 以及水下部分 3；甲板端部分包括船载大功率发电机 13，与所述甲板升压变压器 11 以及升压变压器控制器 12 相连，为整个发明系统提供大功率电能支持；变压器 11 以及升压变压器控制器 12，固定于船甲板某处，通过电力线与所述船载大功率发电机 13 相连，通过光电滑环 15 和深拖缆 21 相连，用于将船载发电机 13 产生的三相工业电升压至高压，便于在深拖缆 21 中进行传输；仪器控制室 14，通过光电滑环 15 与所述深拖缆 21 相连，用于在甲板上监控海洋坐底式水平正交发射系统水下部分 3；深拖缆 21，具有一定的抗拉性能，能够牵引所述发射系统水下部分 3 进行释放和回收，借助所述承重头 31 和终端接线盒 32 引出通信光纤和电力线；海底降压变压器 33 和整流模块 341，与所述深拖缆 21 和海洋坐底式水平正交发射系统水下部分 3 相连，用于将所述深拖缆 21 中传输的高压交流转换为输送至所述海洋坐底式水平正交发射系统水下部分 3 的低压直流；海洋坐底式水平正交发射系统水下部分 3，与所述深拖缆 21 和所述水平正交发射电极相连，作为海底可控源电磁场的激励场源，是实现海洋可控源电磁发射的关键设备；水平正交发射电极，是传送大功率逆变电磁波的媒介。

[0090] 再参见图 2，所述升压变压器 11 和升压变压器控制器 12，是主要升压部件，利用变压器的抽头、交流接触器和旋钮开关等部件选择输出预定的高压电压；

再参见图 2，所述深拖缆部分 2 包括：万米铠装光电复合缆 21，通过光端机的光电转换和串口接口，实现所述仪器控制室 14 和所述海底承压密封舱内部通信模块 345 的远程连接，其中的电力线用于电能的长距离低损耗传输；终端接线盒 32，用于将甲板端电力传输的功率电缆和信号传输的光纤分开，还具有水密承压性能。

[0091] 再参见图 2，所述海底承压密封舱包括：坐底式发射机主控单元 34b，采用嵌入式主控电路板，可以实现发射系统水下部分系统的总体逻辑控制；通信模块 345 与多路串口光端机 342，将电性数据信号转换为可以在光纤中传输的光信号，坐底式发射机主控单元 34b 通过所述通信模块 345 与多路串口光端机 342 和所述深拖缆 21 实现甲板端和发射系统水下部分的远程通信；双通道隔离驱动模块 346，实现弱电的控制电路和强电的供电主回路电气上的隔离，避免控制部分受到影响甚至破坏，另外提供适当的驱动信号以确保所述双通道发射逆变模块 347 正常工作；双通道发射逆变模块 347，实现直流到预定大功率交流方波的转换，本发明采用智能功率模块 IPM 作为逆变开关模块，它以低饱和压降 IGBT 芯片为基本功率开关元件，可以承受大电流，具有高的可靠性与安全性；散热模块 34e，通过定制的铸铝散热器，将所述双通道发射逆变模块 347 工作过程中产生的热量传导至所述海底承压密封舱 34 舱壁，借助海水散热；辅助信息测量单元 34a，在所述坐底式发射机主控单元 34b 控制下，实现辅助信息的测量，比如拖曳体姿态方位信息（俯仰角度、横摇角度、航向角度）、X/Y 方向发射电流、直流供电电压、锂电池包剩余电量、距离海底高度信息、承压密封舱内部温度；锂电池包 34d 与电源管理模块 34c 相配合，用以给所述坐底式发射系统水下部分主控单元 34b、通信模块 345、双通道隔离驱动模块 346 和辅助信息测量单元 34a 供给电能，确保与电力供电的隔离；

再参见图 2,所述发射电极系包括:发射电缆,由所述发射系统水下部分海底承压密封舱 34 末端端盖引出,电缆的另一端连至铜管材质的所述 X 方向发射偶极 3d 和 3e、Y 方向发射偶极 3f 和 3g;发射偶极,经过若干次室内盐水槽测试,选定不易折断、导电性能好的紫铜作为发射偶极的材料,且选定接触面积大的空心状型材作为电极的结构,能有效降低功率损耗,利于向海底介质中发送大功率电流。

[0092] 参见图 1,图 1 为海洋坐底式水平发射系统海试作业示意图。海试作业时,海底电磁接收阵列保持静止观测的状态,海洋坐底式水平正交发射系统水下部分由作业船牵引,沿预定的点位依次进行发射作业。整套发射作业包括设备释放到海底、设备水下工作、设备回收三个流程,在不同作业点往复执行。海底电磁接收阵列,由作业船在试验前将其投放,并在试验后对其回收。具体作业过程如下:首先连接和准备好海洋坐底式水平正交发射系统硬件系统,预先沿测线点在各预定接收点投放若干台海底电磁接收机;在海面上启动所述海洋坐底式水平正交发射系统,进行 GPS 对钟及仪器原理性测试,将船开至预定发射点位,由船上 A 型吊臂将所述海洋坐底式水平发射系统水下部分投放入海。入水之后,发射系统水下部分设备受自身重力影响,在深拖缆的牵引下,自由下沉抵达海底,下沉过程中可以通过高度计时刻监视发射系统水下部分设备距离海底的高度,在设备将要触底前减小设备的下沉速度。发射系统水下部分设备到达海底后,开启甲板发电机和变压器总开关,按照预定发射方案开始正式向海底供电。

[0093] 该发射系统是由所述船载大功率发电机 13 提供电力,在甲板上利用所述升压变压器 11 与升压变压器控制器 12 将供电电压提升至 2000V 以上,便于在所述深拖缆 21 上长距离低损耗传输;在海底的所述海底降压变压器 33 和整流模块 341 将所述深拖缆 21 上的高压小电流变换为低压直流大电流,再转输给所述海底承压密封舱内的双通道发射逆变模块 347 和发射电极系发射到海底的介质里,从而形成海洋可控源电磁场激励场源;仪器控制室 14 可通过所述通信模块 345 和深拖缆 21 与发射系统水下部分 3 建立远程数据通信,从而查看和更改发射系统水下部分的运行状态。投放至海底的电磁接收阵列开始自动分段变采样率地进行海洋可控源电磁场数据采集。待海底电磁发射完成后,开始回收发射系统水下部分设备,按照以上工作流程,去往下一个发射点位进行电磁发射。待所有发射点位发射工作完成后,海底电磁接收阵列接着采集若干小时的天然电磁场数据,测量结束后,回收各台接收机。发射和采集到的数据随后进行联合处理。至此,完成海洋可控源电磁探测海上作业。

[0094] 最后应说明的是:显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例,而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引申出的显而易见的变化或变动仍处于本发明的保护范围之内。

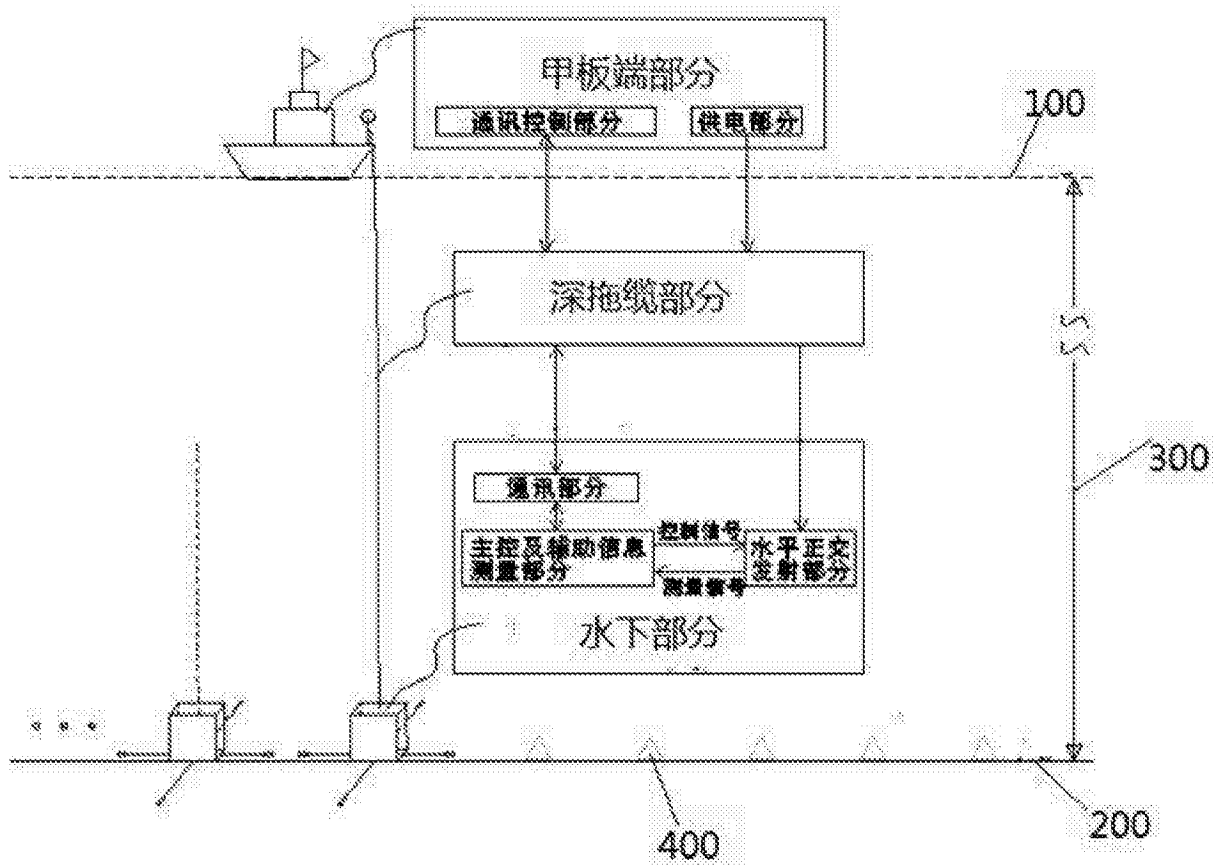


图 1

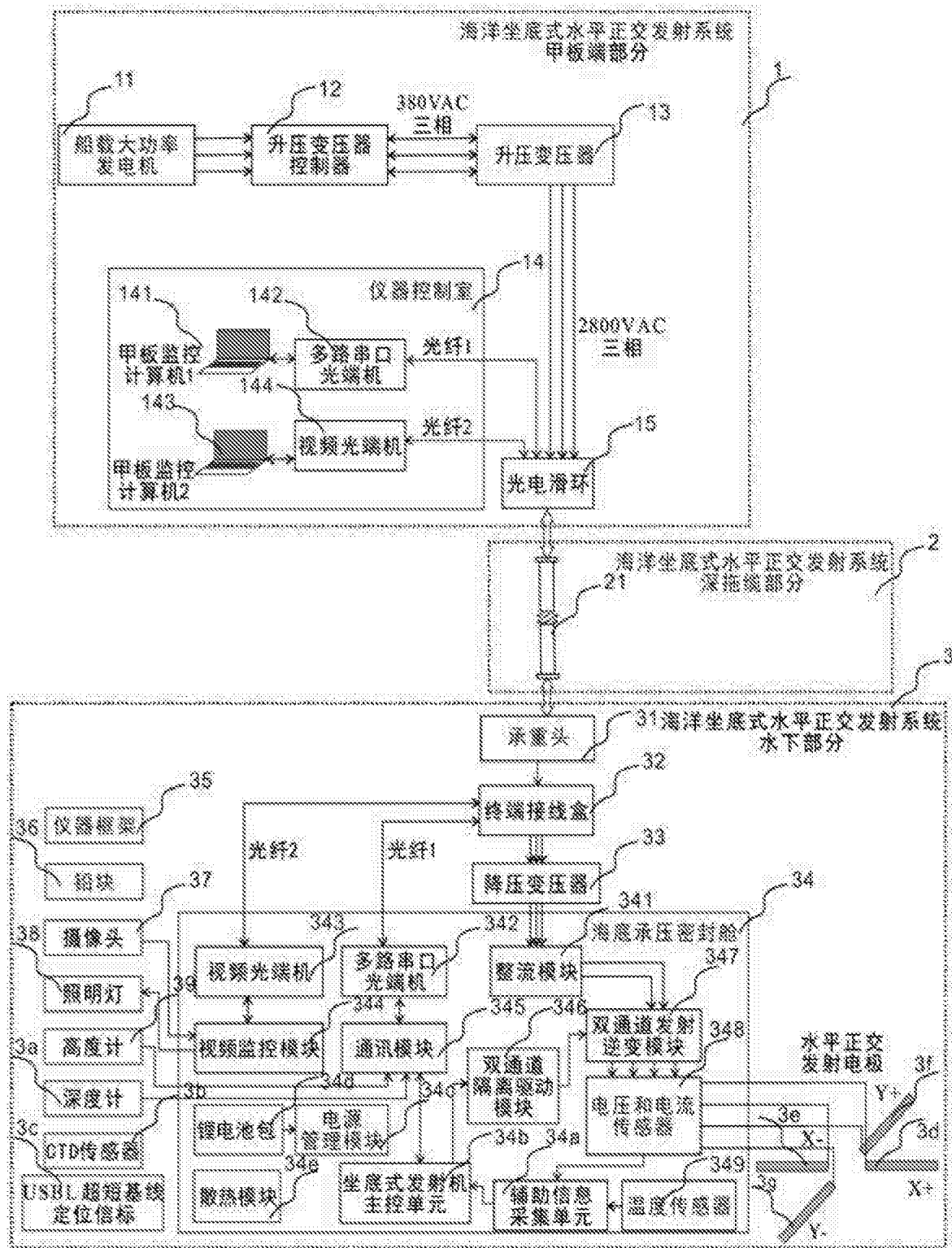


图 2