



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113267807 B

(45) 授权公告日 2022. 10. 25

(21) 申请号 202110538762.7

G01V 1/38 (2006.01)

(22) 申请日 2021.05.18

G01V 1/18 (2006.01)

G01V 1/20 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113267807 A

(43) 申请公布日 2021.08.17

(73) 专利权人 自然资源部第一海洋研究所

地址 266061 山东省青岛市崂山区仙霞岭路6号

(56) 对比文件

EP 0216480 A2,1987.04.01

CN 104678426 A,2015.06.03

CN 111123351 A,2020.05.08

陆上和海洋地震可控震源方法.《勘探地球物理进展》.全文.

周会鹏等. 夯击震源多道地震面波信号识别试验研究.《淮南职业技术学院学报》.2017,(第01期),全文.

(72) 发明人 裴彦良 华清峰 刘晨光 张连成

李西双 闫克平 刘保华

审查员 李振振

(74) 专利代理机构 青岛清泰联信知识产权代理

有限公司 37256

专利代理师 张媛媛

(51) Int. Cl.

G01V 1/22 (2006.01)

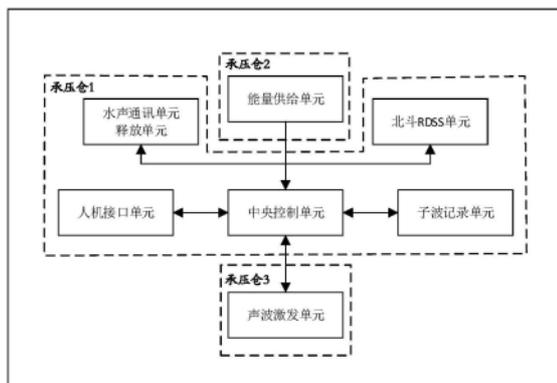
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

海底震源及海底探测系统

(57) 摘要

本发明提出一种海底震源及海底探测系统。海底震源包括:底座,底座上设置有第一承压仓、第二承压仓和第三承压仓;第一承压仓内设置有中央控制单元、水声通讯单元、子波记录单元;第二承压仓内设置有能量供给单元;第三承压仓内设置有地震波激发单元。海底探测系统包括间隔设置的若干海底震源及海底地震仪。本发明提供的震源工作时位于海底,不需要调查船拖曳作业,不需要调查船提供能源,工作时被置放于海底,工作后可被回收,在海底激发地震波,避免了地震波激发后在海水中远距离传播导致的能量损失,提高了地层穿透深度。



1. 一种海底探测系统,其特征在于,包括:海底震源以及,若干个海底地震仪;所述海底震源和海底地震仪呈行排列,包括至少一个排列行;其特征在于,

所述海底震源包括:

底座,所述底座上设置有第一承压仓、第二承压仓和第三承压仓;

中央控制单元:设置在第一承压仓内;

水声通讯单元:设置在第一承压仓内,与海面控制端连接,接收海面控制端对海底震源的控制信号,进一步与中央控制单元,以及,除所在震源外的其他海底震源通信;

子波记录单元:设置在第一承压仓内,用于采集记录海底震源激发声波的近场子波信号;

能量供给单元:设置在第二承压仓内,与地震波激发单元、水声释放单元、中央控制单元连接,以为各单元供电;

地震波激发单元:包括脉冲源和换能器,设置在第三承压仓内,所述第三承压仓为承压声仓,与中央控制单元通信,输出激发地震波;

所述海面控制端被配置为:可对每个海底震源数据进行数据重构,可对每个海底地震仪数据进行数据重构,并结合重构数据,生成海底探测结果;

海底震源和海底地震仪采用伪随机分布,连续布置的海底地震仪数量不超过3个,连续布置的海底震源的数量不超过3个;

一个排列行的海底震源与海底地震仪可以协同进行二维地震作业,多个排列行的海底震源与海底地震仪可以协同进行三维地震作业;

将每个排列行按等间距划分为若干个节点位,在每个节点位随机放置海底震源或海底地震仪。

2. 如权利要求1所述的海底探测系统,其特征在于,所述水声通讯单元包括水声换能器和调制解调器,所述水声换能器为收发合置换能器,所述调制解调器与水声换能器和中央控制单元通信,以对信号进行模数转换和解析。

3. 如权利要求1所述的海底探测系统,其特征在于,所述第三承压仓采用碳纤维材料制作。

4. 如权利要求1所述的海底探测系统,其特征在于,进一步包括北斗RDSS单元,设置在第一承压仓,与中央控制单元通讯。

5. 如权利要求1所述的海底探测系统,其特征在于,所述能量供给单元包括储能电池。

6. 如权利要求1所述的海底探测系统,其特征在于,所述震源进一步包括:

配重:与底座经释放单元连接,所述释放单元与中央控制连接,接收中央控制单元的控制信号,以控制配重与底座之间的连接。

7. 如权利要求1所述的海底探测系统,其特征在于,所述第三承压仓相对第一承压仓和第二承压仓位于靠近海底的位置。

海底震源及海底探测系统

技术领域

[0001] 本发明涉及海洋探测技术领域,尤其涉及一种海底震源及海底探测系统。

背景技术

[0002] 常规海洋地震探测通常是将声波激发系统(震源1)用调查船拖拽于海面,结构参考图1。震源系统包括拖拽震源1和室内系统。拖拽震源1发射的声波经过海水传播并经海底反射后被海底地震仪(OBS)2接收采集,经过计算系统进一步计算、成图来分析判断海底地质情况。

[0003] 现有技术中的地震探测系统存在以下不足:由于采用的为拖拽式的探测方式,深海海域工作时,地震波传播路径长,海水对高频声波的大幅度衰减,常规海面震源系统对深海地层的探测分辨率,难以满足深海大洋精细地震探测需求。通常,声波在海水中单程传播损失为 $20\log H$,其中H为海水深度。对于1000m深的海水,声波在海水中单程传播损失约为60dB,海水深度越大则传播损失越大,严重影响探测效果。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服现有技术的不足之处,解决深海海域海洋地震探测分辨率下降的问题,提供一种探测精度高的海底震源及海底探测系统。

[0005] 为了达到上述目的,本发明首先提供一种海底震源,采用的技术方案为:

[0006] 海底震源,包括:

[0007] 底座,所述底座上设置有第一承压仓、第二承压仓和第三承压仓;

[0008] 中央控制单元:设置在第一承压仓内;

[0009] 水声通讯单元:设置在第一承压仓内,与海面控制端连接,接收海面控制端对海底震源的控制信号,进一步与中央控制单元,以及,除所在震源外的其他海底震源通信;

[0010] 子波记录单元:设置在第一承压仓内,用于采集记录海底震源激发声波的近场子波信号;

[0011] 能量供给单元:设置在第二承压仓内,与地震波激发单元、水声释放单元、中央控制单元连接,以为各单元供电;

[0012] 地震波激发单元:包括脉冲源和换能器,设置在第三承压仓内,与中央控制单元通信,输出激发地震波;

[0013] 所述海面控制端被配置为可对海底震源进行数据重建。

[0014] 本发明一些实施例中,所述水声通讯单元包括水声换能器和调制解调器,所述水声换能器为收发合置换能器,所述调制解调器与水声换能器和中央控制单元通信,以对信号进行模数转换和解析。

[0015] 本发明一些实施例中,所述第三承压仓采用碳纤维材料制作。

[0016] 本发明一些实施例中,进一步包括北斗RDSS单元,设置在第一承压仓,与中央控制单元通讯。

[0017] 本发明一些实施例中,所述能量供给单元包括储能电池及与储能电池连接的洋流电机。

[0018] 本发明一些实施例中,所述震源进一步包括:

[0019] 配重:与底座经释放单元连接,所述释放单元与中央控制连接,接收中央控制单元的控制信号,以控制配重与底座之间的连接。

[0020] 本发明一些实施例中,所述第三承压仓相对第一承压仓和第二承压仓位于靠近海底的位置。

[0021] 本发明一些实施例中,进一步提供一种海底探测系统,包括上述的海底震源,以及,若干个海底地震仪;所述海底震源和海底地震仪呈行排列,包括至少一个排列行;

[0022] 所述海面控制端被配置为:可对每个海底震源数据进行数据重构,可对每个海底地震仪数据进行数据重构,并结合重构数据,生成海底探测结果。

[0023] 本发明一些实施例中,将每个排列行按等间距划分为若干个节点位,在每个节点位随机放置海底震源或海底地震仪。

[0024] 本发明一些实施例中,连续布置的海底地震仪数量不超过3个,连续布置的海底震源的数量不超过3个。

[0025] 与现有技术相比,本发明的优点和积极效果在于:

[0026] (1) 不同于现有的拖拽式震源,本发明的震源为海底震源,不需要调查船拖拽作业,不需要调查船提供能源,工作时被置放于海底,工作后可被回收。震源在海底激发地震波,避免了地震波激发后在海水中远距离传播导致的能量损失,提高了地层穿透深度。

[0027] (2) 基于海底震源构造的海底探测系统为一种分布式震源探测系统,可以将大量海底震源布置到海底,与大量海底地震仪OBS分布式协同作业。

附图说明

[0028] 图1为现有技术拖拽式震源结构示意图;

[0029] 图2为本发明海底震源系统逻辑框图;

[0030] 图3为本发明海底震源结构示意图;

[0031] 图4为海底探测系统中海底地震仪和海底震源排布结构示意图;

[0032] 以上各图中:

[0033] 1-震源;

[0034] 2-海底地震仪;

[0035] 3-底座;

[0036] 4-第一承压仓;

[0037] 5-第二承压仓;

[0038] 6-第三承压仓;

[0039] 7-水听器;

[0040] 8-水声换能器;

[0041] 9-配重。

具体实施方式

[0042] 下面,通过示例性的实施方式对本发明进行具体描述。然而应当理解,在没有进一步叙述的情况下,一个实施方式中的元件、结构和特征也可以有益地结合到其他实施方式中。

[0043] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“上”、“下”、“前”、“后”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0044] 需要说明的是,当元件被称为“设置在”,“连接”,“固定于”另一个元件,它可以直接在另一个元件上或者间接在该另一个元件上。当一个元件被称为是“连接于”另一个元件,它可以是直接连接到另一个元件或间接连接至该另一个元件上。此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0045] 本发明第一实施例首先提供一种海底震源。

[0046] 参考图2,海底震源,包括中央控制单元、声波激发单元、水声释放单元、北斗RDSS单元、人机接口单元、子波记录单元、能量供给单元;以上单元分别被设置在不同的承压仓内。

[0047] 参考图3,海底震源,其包括底座3,底座3上设置有第一承压仓4、第二承压仓5和第三承压仓6。三个承压仓均可以承受海底高静水压力。为提高海底震源的回收可重复利用性,可在底座3下方进一步设置配重9,配重9采用密度大于海水的材质制作,例如可采用密度较高的钢材质,三个承压仓的主体采用密度小于海水的材质制作,使其可以为海底震源主体提供正浮力,且可在深海高静压环境下为海底震源主体提供正浮力。配重9与底座3之间经释放机构安装在底座3上,释放机构包括电控单元,电控单元在控制指令下可控制释放机构的开闭,当释放机构打开时,配重9和承压仓机构之间的连接脱离,配重9脱落。

[0048] 更进一步的,本发明一些实施例中,第一承压仓4、第二承压仓5为中空玻璃仓球;第三承压仓6为承压声仓,采用碳纤维材料制作仓体,碳纤维材料具有优异的透声性能,利于声波输出。其中,第三承压仓6相对第一承压仓4和第二承压仓5位于靠近海底的位置,避免被其他部件阻挡,利于声波入射海底沉积物。

[0049] 中央控制单元设置在第一承压仓内4。中央控制单元包括微控制器、高精度时钟、存储芯片及外围电路,各部分功能在后文详述。

[0050] 中央控制单元根据控制指令,控制海底震源工作。其中,控制指令来自于海面控制端,通常为航行于海上的海上调查船,包括震源激发模式、震源激发能量、震源激发间隔等。微控制器可根据用户设置自动生成任务表,并根据任务表控制地震波激发单元。所述任务表,包括震源激发时刻、震源激发能量等信息。

[0051] 水声通讯单元设置在第一承压仓内4,包括水声换能器8、调制解调器,可与水面调查船双向通信,可与除自身之外的其他海底震源双向通信;水声换能器8为收发合置换能器,设置在第一承压仓4的外壁,既可以接收水声信号、又可以激发水声信号。水声换能器频率响应范围在1kHz至100kHz之间,优选的,水声换能器频率响应范围在7.5kHz至30kHz之间。调制解调器,对水声换能器接收到的水声信号进行模数转换和数据解析,将解析后的命令发送给中央控制单元。调制解调器,将中央控制单元发来的命令进行数模转换、功率放大

后,传输给水声换能器,水声换能器激发水声信号。通过上述流程,微控制器将海底震源状态信息,通过水声通讯与释放单元发送给调查船,并控制水下震源执行调查船指令。

[0052] 具体的,每次水下作业,将布放多台海底震源,水声通讯单元采用无线通信机构,可实现多台水下震源之间的水声组网通信,使得每个海底震源作为一个网络节点,所有水下震源组成一个水声自组织网络;此外,由于震源布放在水下,需要接收海面调查船的控制指令,海面调查船通过水声信号发送命令,水声通讯单元收到命令后,将命令发送给中央控制单元进行本地解析,并执行。水声通讯单元解析后,若发现命令为震源配置命令,一台震源接收到命令后通过水声自组织网络将配置命令发送给邻居节点,进而水声自组织网络内的所有震源均可收到此配置命令。不需要海面调查船单独为每个震源去配置,与一个震源通讯即可,提高通讯效率。

[0053] 释放单元设置在第一承压仓4内,包括释放控制器和执行机构,用于控制配重9与承压仓之间的连接。释放单元与调制解调器通信,对水声换能器接收到的水声信号进行模数转换和数据解析,将解析后的命令发送给释放控制器。若调制解调器解析的指令为释放指令,根据指令控制执行机构动作。执行机构根据释放控制器的命令断开与配重材料的连接。执行机构断开与配重材料的连接后,配重材料被抛弃在海底,海底震源主体由于承压浮力材料提供的正浮力上升至海面。

[0054] 子波记录单元设置在第一承压仓4内,用于采集记录海底震源激发声波的近场子波信号。子波记录单元可采用子波记录器。子波记录单元包括采集存储电路和一个深水水听器7。深水水听器7接收海底震源激发地震声波的近场子波信号,设置在第一承压仓4的外壁。采集存储电路根据中央控制单元的触发信号采集深水水听器的信号、模数转换并存储。

[0055] 人机接口单元设置在第一承压仓4内,提供上位设备与中央控制单元之间的通讯接口,允许用户对震源进行设置。优选地,人机接口单元为无线通讯接口,例如WIFI接口。中央控制单元的微控制器,通过人机接口单元或水声通讯与释放单元接收用户设置,并将用户设置存储至存储芯片。

[0056] 地震波激发单元:包括脉冲源和换能器,设置在第三承压仓6内,与中央控制单元通信,微控制器按用户设置控制地震波激发单元。具体的,中央控制单元将获取的海上调查船的控制信号传递给地震波激发单元,以控制地震波激发单元输出激发地震波。脉冲源将能量供给单元的低压直流电源转换为高压脉冲电源,换能器将高压脉冲电源转换为地震勘探用声波。在接收到中央控制单元指令后,地震波激发单元立即激发地震波。在激发地震波后,脉冲源积蓄能量至指定能量(即脉冲源充电),为下一次地震波激发做准备。当再次接收到中央控制单元指令后,立即激发地震波。如此往复。

[0057] 能量供给单元:设置在第二承压仓内,与地震波激发单元、水声释放单元、中央控制单元连接,以为各单元供电。能量供给单元包括储能电池。

[0058] 更进一步的,本发明一些实施例中,海底震源还包括北斗RDSS单元,为海底震源提供北斗定位、授时、和短报文服务,设置在第一承压仓4。

[0059] 在海底震源投放至海中之前,北斗RDSS单元为海底震源中央控制单元授时,海底震源中央控制单元获取高精度协调世界时UTC。在海底作业过程中,北斗RDSS单元处于关闭状态,节省能源。在海底震源完成作业,海底震源主体由于承压浮力材料提供的正浮力上升至海面后,所述北斗RDSS单元为海底震源被激活,再次提供授时、定位和短报文服务。北斗

RDSS单元为海底震源中央控制单元授时,海底震源中央控制单元获取高精度协调世界时UTC,中央控制单元计算并存储钟差文件;所述北斗RDSS单元为海底震源提供定位服务,并自动将海底震源当前位置坐标以短报文形式发送至调查船,调查船根据接收到的位置坐标航行至海底震源当前位置,将海底震源打捞回收。

[0060] 北斗RDSS单元对于海底震源搜寻有重要作用。海底震源布放到海底后,可能会由于被拖网渔船打捞等原因造成设备遗失。海底震源在出露水面后,北斗RDSS单元自动将设备信息和位置信息通过卫星上传,调查人员可以根据获取的信息定位、搜寻并取回设备。

[0061] 本发明一些实施例中,海底震源还包括高精度时钟。

[0062] 高精度时钟在海底地震仪布放海底作业期间,为中央控制单元提供高精度世界协调时时钟信息;在作业前、作业后接收北斗RDSS单元授时信号,将本地时钟校正至世界协调时时钟;在作业后(上浮到海面后)接收北斗RDSS单元授时信号,将本地时钟校正至世界协调时时钟,且在时钟校正前记录本地时钟与世界协调时时钟的差值,并将当前本地时钟、世界协调时时钟、及其差值生成钟差文件、并记录到存储芯片。

[0063] 本发明第二实施例提供一种海底探测系统,结构参考图4。

[0064] 海底探测系统包括若干个实施例一所述的海底震源,以及,若干个海底地震仪;海底震源和海底地震仪呈行排列,按实际探测需要,可以设置一个排列行或多个排列行。

[0065] 本发明中,不对海底震源或海底地震仪的具体位置进行限定,可以将每个排列行按等间距划分为若干个节点位,在每个节点位随机放置海底震源或海底地震仪。但为了保证数据的全面性和准确性,连续布置的海底地震仪数量不超过3个,连续布置的海底震源的数量不超过3个。

[0066] 海面控制端被配置为:可对每个海底震源位置数据进行数据重构,可对每个海底地震仪位置数据进行数据重构,并结合重构数据,生成海底探测结果。

[0067] 海底震源与海底地震仪间隔协同作业,海底震源与海底地震仪间隔布放,海底震源布放位置定义为激发站,海底地震仪布放位置定义为接收站。海底震源与海底地震仪可以协同进行二维地震作业,也可以协同进行三维地震作业。以下,以二维地震作业或三维地震作业的过程,来说明海底探测系统的具体布置。其中,二维作业是指仅包括一个排列行,三维作业是指包括多个排列行。

[0068] 二维地震作业,海底地震仪与海底震源在同一条直线上呈线型间隔排布。优选地,为提高地震作业效率和分辨率,两种类型设备成等间隔排布。设二维测线长度为 L ,布放的海底地震仪与海底震源设备总数为 N (N 也称为节点数),设备排布间隔为 δ ,则: $L = (N-1) \times \delta$ 。在测线的每一个节点上随机布置海底地震仪或者海底震源,可以采用Jittered、LDPC矩阵、分段随机等随机布置方法。具体布放两种设备的哪一种,在伪随机二进制序列中“0”的位置投放海底地震仪,“1”的位置投放海底震源。伪随机二进制序列中“0”与“1”随机分布,且连续的“0”的个数不超过3个,且连续的“1”的个数不超过3个。

[0069] 三维地震作业,海底地震仪与海底震源在海底面状区域内呈矩阵型间隔排布。优选地,设所述矩阵为 M 行 N 列矩阵,则进行一次三维地震作业可以看做在海底面状区域内布设 M 条二维地震作业测线。设二维测线长度均为 L ,每条二维测线上布放的海底地震仪与海底震源设备总数均为 N (N 也称为节点数),设备排布间隔为 δ ,则: $L = (N-1) \times \delta$ 。在测线的每一个节点上随机布置海底地震仪或者海底震源,可以采用Jittered、LDPC矩阵、分段随机等

随机布置方法。具体布放两种设备的哪一种,在伪随机二进制序列中“0”的位置投放海底地震仪,“1”的位置投放海底震源。伪随机二进制序列中“0”与“1”随机分布,且连续的“0”的个数不超过3个,且连续的“1”的个数不超过3个。

[0070] 作业开始前,将海底震源移至作业甲板开阔位置,海底震源上部无遮挡,海底震源北斗RDSS单元接收卫星授时信息,海底震源中央控制单元时钟校正至世界协调时时钟,时钟精度可达毫秒级甚至更高。

[0071] 调查船到达指定站位,停船。

[0072] 将海底震源主体与配重材料连接,测试水声释放单元等模块,测试正常后将海底震源吊放至海面,脱钩后海底震源自由沉降至海底。

[0073] 海底震源沉降并自行关闭北斗RDSS单元电源,以节省能源。

[0074] 海底震源降落海底,在中央控制单元控制下,按照用户预先的设置参数,地震波激发单元进行震源激发。

[0075] 调查船起航去往下一个布放站位,继续布放其他海底震源。

[0076] 地震作业结束后,回收所有布放的海底地震仪和海底震源。

[0077] 根据压缩感知算法,对海底地震数据进行重构。地震数据重构,包括对激发站位重构和接收站位重构。激发站位重构,即对伪随机二进制序列中“0”的位置(即投放海底地震仪的位置)重构震源激发。接收站位重构,在伪随机二进制序列中“1”的位置(即投放海底震源的位置)重构接收数据。重构算法主要有:凸优化算法、贪婪算法、组合算法、贝叶斯算法。地震数据重构后,所有站点为无缺站点,所有站点位置既有震源激发、也有地震仪接收,成倍提高作业效率。

[0078] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例而已,并非是对本发明作其它形式的限制,任何熟悉本专业的技术人员可能利用上述揭示的技术内容加以变更或改型为等同变化的等效实施例应用于其它领域,但是凡是未脱离本发明技术方案内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与改型,仍属于本发明技术方案的保护范围。

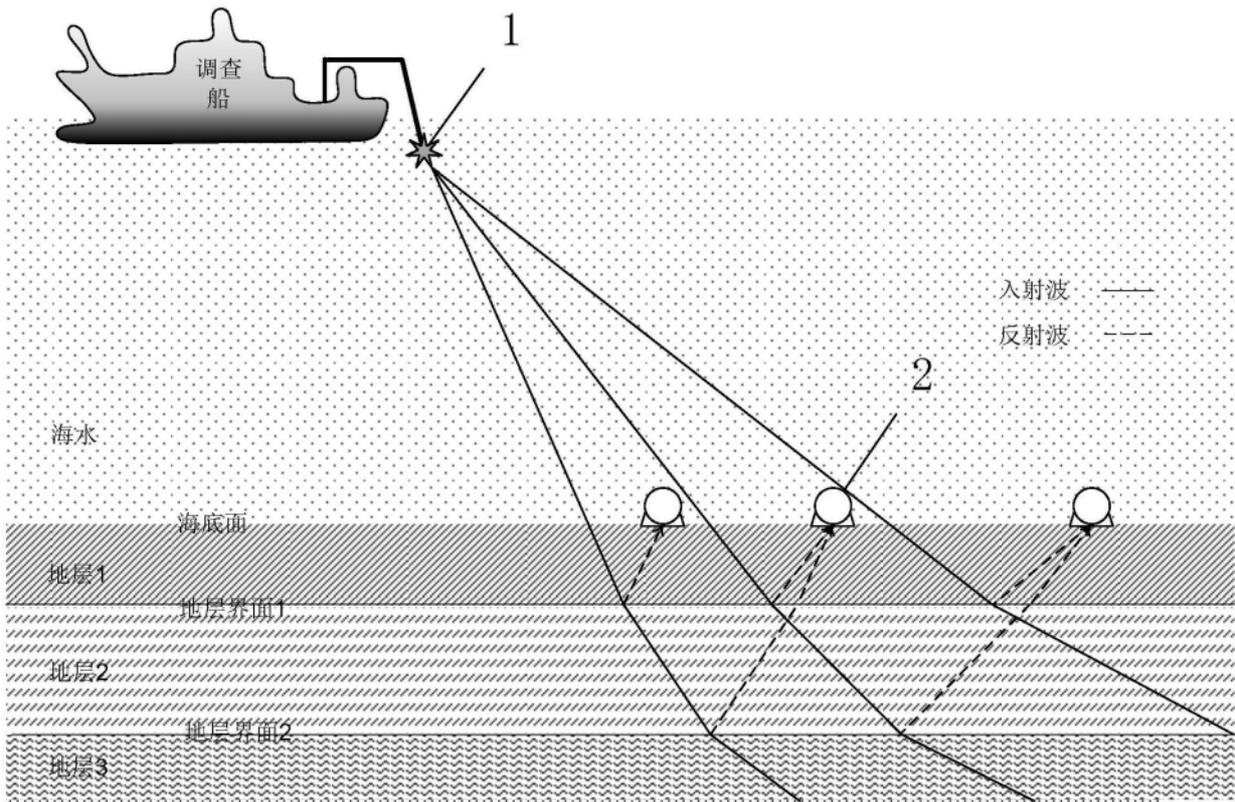


图1

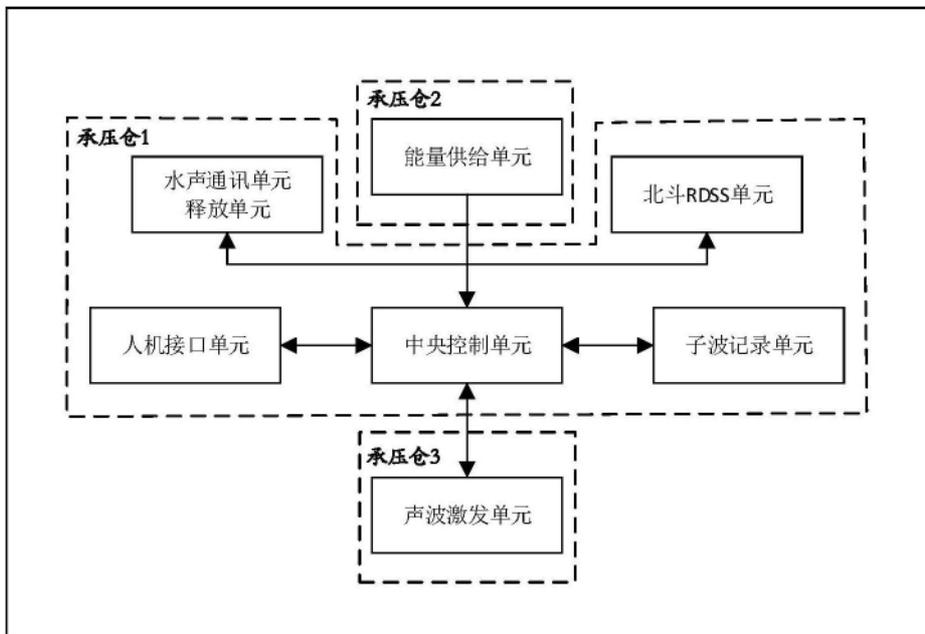


图2

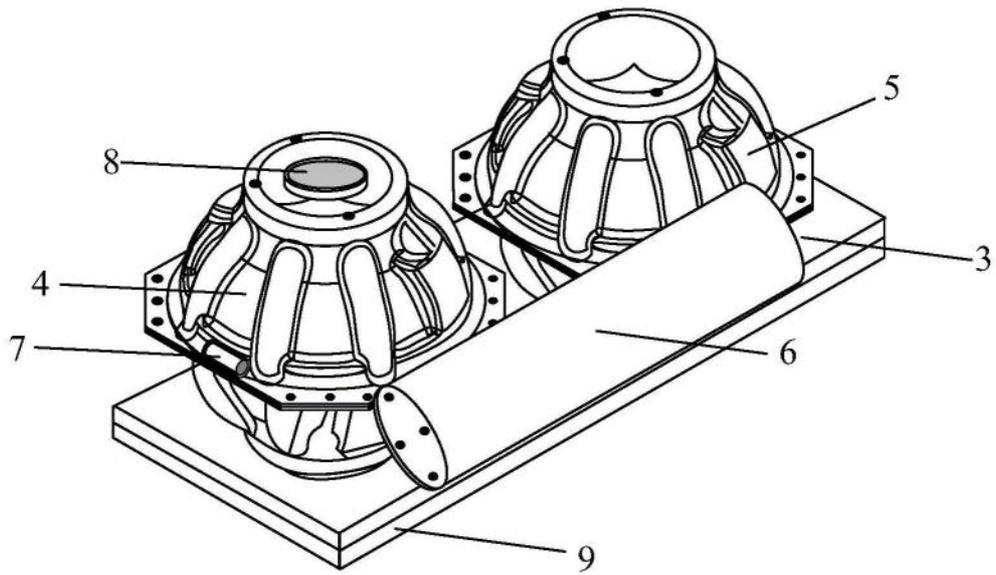


图3

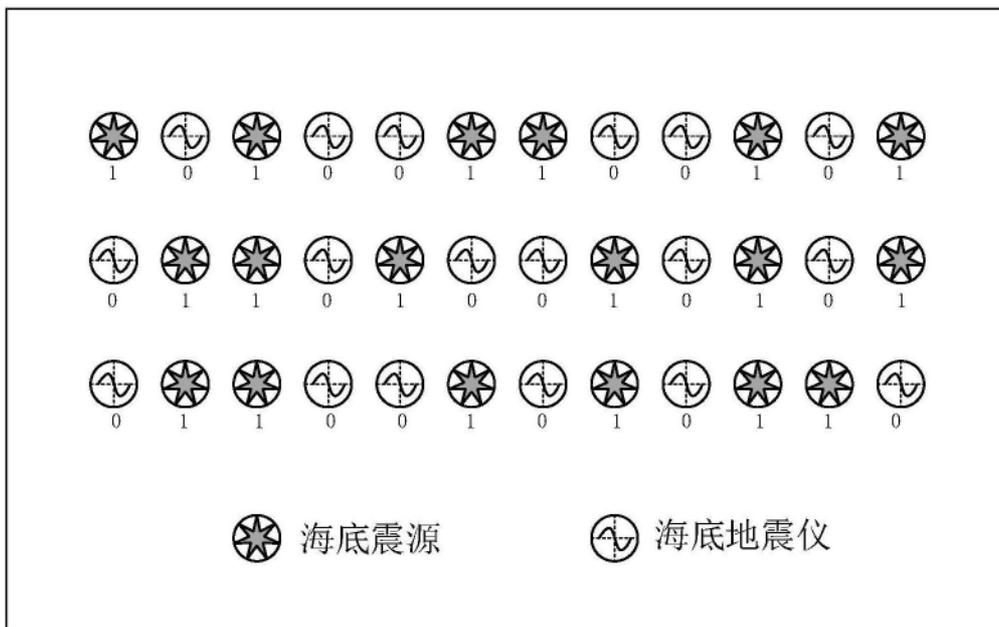


图4