



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 209656905 U

(45)授权公告日 2019.11.19

(21)申请号 201920221108.1

(22)申请日 2019.02.21

(73)专利权人 山东蓝海可燃冰勘探开发研究院  
有限公司

地址 264200 山东省威海市南海新区滨海  
路北、龙海路东蓝色创业谷K区二楼众  
创空间

专利权人 威海智惠海洋科技有限公司

(72)发明人 余刚 刘丽华

(74)专利代理机构 青岛华慧泽专利代理事务所  
(普通合伙) 37247

代理人 马千会

(51)Int.Cl.

G01V 3/12(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

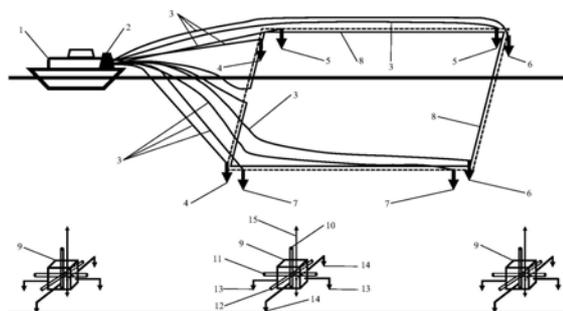
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)实用新型名称

六分量海洋电磁数据测量单元及海洋可控  
源电磁探测系统

(57)摘要

本实用新型属于海洋应用地球物理勘探领域,涉及水下及海底目标探测技术。六分量海洋电磁数据测量单元,其特征在于:包括三分量电场传感单元和三分量磁场传感单元;所述的三分量电场传感单元由三个相互正交的电场传感器组成,用于测量所处位置的海洋三分量电场数据;所述的三分量磁场传感单元由三个相互正交的磁场传感器组成,用于测量其所处位置的海洋三分量磁场数据。本实用新型的六分量海洋电磁数据测量单元及海洋可控源电磁探测系统,可用于探测水下移动或静态的目标、勘探海床上的多金属矿产资源、海底地下的天然气水合物和油气资源、调查海洋地质结构和构造。



1. 六分量海洋电磁数据测量单元,其特征在于:包括三分量电场传感单元和三分量磁场传感单元;所述的三分量电场传感单元由三个相互正交的电场传感器组成,用于测量所处位置的海洋三分量电场数据;所述的三分量磁场传感单元由三个相互正交的磁场传感器组成,用于测量其所处位置的海洋三分量磁场数据。

2. 根据权利要求1所述的六分量海洋电磁数据测量单元,其特征在于:所述的电场传感器为不极化电极对,不极化电极材料为金属或非金属材料。

3. 根据权利要求1所述的六分量海洋电磁数据测量单元,其特征在于:所述的磁场传感器是感应式磁场传感器,或者是磁通门式磁场传感器,或者是超导磁场传感器、或者是冷原子磁场传感器。

4. 一种海洋可控源电磁探测系统,其特征在于:包括权利要求1-3任一项所述的六分量海洋电磁数据测量单元、感应源、控制计算机;所述的感应源用于激发水下目标或海底以下的地质体产生感应电流和感应磁场;所述的六分量海洋电磁数据测量单元用于测量水下目标或海底以下的地质体产生的感应电流和感应磁场信号;所述的控制计算机用于给所述的六分量海洋电磁数据测量单元供电,并对其进行检测、标定、参数设置、发送控制命令,对六分量海洋电磁数据测量单元测量的海洋电磁数据进行处理、显示、质量监控和存储。

5. 根据权利要求4所述的海洋可控源电磁探测系统,其特征在于:所述的感应源包括布设在海面以下电磁发射源、电流发射源、供电电缆;所述的电磁发射源通过供电电缆与电流发射源连接。

6. 根据权利要求5所述的海洋可控源电磁探测系统,其特征在于:所述的电磁发射源为与电流发射源连接的回线线圈。

7. 根据权利要求6所述的海洋可控源电磁探测系统,其特征在于:所述的回线线圈的四周布设有四对发射天线,所述发射天线通过供电电缆与电流发射源连接。

8. 根据权利要求6或7所述的海洋可控源电磁探测系统,其特征在于:六分量海洋电磁数据测量单元等间距布置在采集缆上,所述采集缆上设有浮球,一条或数条采集缆纵向分布在所述的回线线框内部。

9. 根据权利要求8所述的海洋可控源电磁探测系统,其特征在于:所述三分量磁场传感单元等间距设置在所述采集缆上,所述的三分量电场传感单元以三分量磁场传感单元为中心布设,其中一个电场传感器沿采集缆方向布设,另外两个电场传感器分别布设在与采集缆垂直的竖直和水平方向上。

10. 根据权利要求9所述的海洋可控源电磁探测系统,其特征在于:在所述的三分量磁场传感单元旁边安置一个三分量姿态传感器,同步记录三分量姿态数据,用于后期对采集到的三分量磁场和三分量电场数据进行旋转处理。

11. 根据权利要求5所述的海洋可控源电磁探测系统,其特征在于:所述的六分量海洋电磁数据测量单元设置在框架内,所述框架内设有铝合金承压舱;所述的铝合金承压舱内设置有数据采集/模数转换模块、数据存储模块、三分量姿态传感器;所述数据采集/模数转换模块用于采集六分量海洋电磁数据测量单元和三分量姿态传感器输出的信号并将信号转换为数字信号,通过所述数据存储模块进行存储。

12. 根据权利要求5-7、9-11任一项所述的海洋可控源电磁探测系统,其特征在于:所述的电流发射源内部安装有双钳位模块。

## 六分量海洋电磁数据测量单元及海洋可控源电磁探测系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型属于海洋应用地球物理勘探领域,涉及水下及海底目标探测技术。

### 背景技术

[0002] 目前的海洋电磁数据采集方式主要有三种,一是独立的海洋电磁数据采集站沉底、激发源拖移,如EMGS、OHM和斯伦贝谢公司等国际上普遍使用的海底电磁采集站和大功率拖移场源,预先布设好海底采集站,然后在采集站上方由发射源船拖曳着水下沿缆方向的可控偶极电流源移动激发,可以同时完成可控源电磁和大地电磁数据采集。如ZL201210449479.8公布的三分量磁场和三分量电场海洋电磁数据采集站,就是沉底式独立的海洋电磁数据采集站;二是海洋电磁数据采集缆与激发缆同步拖移,如PGS公司推出了一种拖曳式海洋可控源电场数据采集系统。该系统只采集一个沿电缆方向的电场分量,不采集任何磁场分量数据。没有测量任何磁场分量的海洋电磁场数据是不完整的,不利于对海底地质结构和储层的电性特征进行详细的了解和分析。另外,其沿电缆方向分布的电极也不是均匀分布的,靠近采集船附近的电缆就分布的很稀疏。此外,这一拖曳式海洋可控源电场数据采集系统仅能分别进行时间域或单个频点的频率域的电场数据采集工作;三是电磁数据采集缆沉底布设、激发源拖移,目前还没有实际的应用,如CN102472829A公开了一种海底电磁电缆数据采集系统,其工作方式是海底电磁电缆(EM OBC -ElectroMagnetic Ocean Bottom Cable)由放缆船是先投放铺设到海底,然后由发射源船拖曳着水下沿缆方向的可控偶极电流源在距海底一定的距离上前行并向海水中发射可控电流波形,由事先投放铺设到海底的电磁电缆采集海底电磁数据。数据采集结束后,放缆船回收海底电磁电缆,投放铺设到新的测量工区,然后重复海底电磁信号的数据采集作业。

[0003] 目前三种主要的海洋电磁探测或勘探方法都是使用的沿缆方向拖曳的线性偶极电流源。这种单一的线性偶极电流源存在激发方式单一、激发方向单一、激发面积有限、无法对水下被探测目标和海底地下的三维地质体进行大面积全方位激发的困难,很难对水下被探测目标和海底地下的三维地质体进行准确可靠的成像。另外由于海水是低阻体,使用偶极电流源在海水中激发时,大部分的激发电流会集中在靠近两个发射天线的海水中,穿透海水到达海底下地层深处的电流很小,造成海底地下深处地质体产生的电磁异常信号的信噪比极低,极大的限制了海洋电磁勘探装备探测海底地下深处地质目标的能力。

### 实用新型内容

[0004] 鉴于现有的沿缆方向拖曳的单一线性偶极电流源存在的问题,本实用新型提供了一种海洋可控源电磁探测系统及方法。

[0005] 为了解决本实用新型的技术问题,本实用新型采用的第一个技术方案是:六分量海洋电磁数据测量单元,包括三分量电场传感单元和三分量磁场传感单元;所述的三分量电场传感单元由三个相互正交的电场传感器组成,用于测量所处位置的海洋三分量电场数据;所述的三分量磁场传感单元由三个相互正交的磁场传感器组成,用于测量其所处位置

的海洋三分量磁场数据。

[0006] 所述的电场传感器为不极化电极对,不极化电极材料为金属或非金属材料。

[0007] 所述的磁场传感器是感应式磁场传感器,或者是磁通门式磁场传感器,或者是超导磁场传感器、或者是冷原子磁场传感器。

[0008] 本实用新型解决其技术问题采用的第二个技术方案是:海洋可控源电磁探测系统,包括感应源、六分量海洋电磁数据测量单元、控制计算机;所述的感应源用于激发水下目标或海底以下的地质体产生感应电流和感应磁场;所述的六分量海洋电磁数据测量单元用于测量水下目标或海底以下的地质体产生的感应电流和感应磁场信号;所述的控制计算机用于给所述的六分量海洋电磁数据测量单元供电,并对其进行检测、标定、参数设置、发送控制命令,对六分量海洋电磁数据测量单元测量的海洋电磁数据进行处理、显示、质量监控和存储。

[0009] 进一步的,所述的感应源包括布设在海面以下电磁发射源、电流发射源、供电电缆;所述的电磁发射源通过供电电缆与电流发射源连接。

[0010] 进一步的,所述的电磁发射源为与电流发射源连接的回线圈。

[0011] 进一步的,所述的回线圈的四周布设有四对发射天线,所述发射天线通过供电电缆与电流发射源连接。

[0012] 作为本实用新型的一种优选方式,所述的六分量海洋电磁数据测量单元等间距布置在采集缆上,所述采集缆上设有浮球,一条或数条采集缆纵向分布在所述的回线圈框内部。

[0013] 进一步的,所述三分量磁场传感单元等间距设置在所述采集缆上,所述的三分量电场传感单元以三分量磁场传感单元为中心布设,其中一个电场传感器沿采集缆方向布设,另外两个电场传感器分别布设在与采集缆垂直的竖直和水平方向上。

[0014] 进一步的,在所述的三分量磁场传感单元旁边安置一个三分量姿态传感器,同步记录三分量姿态数据,用于后期对采集到的三分量磁场和三分量电场数据进行旋转处理。

[0015] 作为本实用新型的另一种优选方式,所述的六分量海洋电磁数据测量单元设置在框架内,所述框架内设有铝合金承压舱;所述的铝合金承压舱内设置有数据采集/模数转换模块、数据存储模块、三分量姿态传感器;所述数据采集/模数转换模块用于采集六分量海洋电磁数据测量单元和三分量姿态传感器输出的信号并将信号转换为数字信号,通过所述数据存储模块进行存储。

[0016] 在电流发射源内部安装双钳位模块,双钳位模块能够保证发射电流波形的形态与质量,双钳位对发射电流波形的上升沿和下降沿均有高电压钳位整形,上升沿通过高电压线性提升,提升发射电流峰值幅度,减小由感抗带来的波形畸变;发射电流波形下降沿通过高电压恒压钳位,线性快速下降。

[0017] 所述框架下方连接有下沉配重块,配重块通过连接声控释放器的钢丝或绳索与仪器框架固定在一起,六分量海洋电磁采集单元通过仪器框架下部连接的配重块下沉到海底。所述框架上方安装有玻璃浮球,框架与配重块分离后依靠框架上方固定的玻璃浮球上浮到海面进行回收。

[0018] 本实用新型的海洋可控源电磁探测系统,可以用来探测水下移动或静态的目标,也可以用于勘探海床上的多金属矿产资源,还可以勘探海底地下的天然气水合物和油气资

源,调查海洋地质结构和构造。

### 附图说明

[0019] 图1是本实用新型的海洋可控源电磁探测系统及六分量海底电磁采集站的布放示意图;

[0020] 图2是本实用新型的海洋可控源电磁探测系统及六分量海底电磁采集站的平面俯视图;

[0021] 图3是本实用新型的海洋可控源电磁探测系统及拖曳式六分量海洋电磁数据采集缆的布放示意图;

[0022] 图4是本实用新型的海洋可控源电磁探测系统及拖曳式六分量海洋电磁数据采集缆的平面俯视图;

[0023] 图5是传统恒压钳位方法的电流波形图和钳位电压图;

[0024] 图6是本实用新型的海洋可控源电磁探测系统,恒压双钳位方法的电流波形图和钳位电压图;

[0025] 图7是本实用新型的海洋可控源电磁探测系统双钳位电路原理图。

[0026] 附图标记说明:1、海洋电磁探测船;2、电流发射源;3、供电电缆;4、第一对偶极电流源发射天线;5、第二对偶极电流源发射天线;6、第三对偶极电流源发射天线;7、第四对偶极电流源发射天线;8、大回线感应磁性线圈;9、六分量海底电磁数据采集站;10、垂直磁场传感器;11、东西向水平磁场传感器;12、南北向水平磁场传感器;13、东西向水平电场传感器;14、南北向水平电场传感器;15、垂直电场传感器;16、海洋电磁数据采集缆;17、浮球;18、三分量磁场传感单元;19、东西向电场传感器;20、南北向电场传感器;21、垂直电场传感器。

### 具体实施方式

[0027] 下面结合附图和实施例对本实用新型的海洋可控源电磁探测系统做出详细的说明和描述。

[0028] 实施例1 参考图1和图2,本实施例的海洋可控源电磁探测系统主要由在海洋电磁探测船1后甲板上安置的大功率可控电流发射源2、布设在海面以下的大回线感应磁性线圈8、沿大回线感应磁性线圈8四周布设的四对偶极电流源:第一对偶极电流源发射天线4;第二对偶极电流源发射天线5;第三对偶极电流源发射天线6;第四对偶极电流源发射天线7,布设在海底的多个六分量海底电磁数据采集站9、控制计算机组成。大回线感应磁性线圈8和四对偶极电流源分别通过供电电缆3与大功率可控电磁源发射机2连接。

[0029] 如图1和图2所示,六分量海底电磁数据采集站9包括框架,框架上安装有垂直磁场传感器10、东西向水平磁场传感器11、南北向水平磁场传感器12东西向水平电场传感器13、南北向水平电场传感器14、垂直电场传感器15;三个磁场传感器相互正交,三个电场传感器相互正交,用于测量其所处位置的海底三分量磁场数据和电场数据。

[0030] 框架内还安装铝合金承压舱,铝合金承压舱内设置有数据采集/模数转换模块、数据存储模块、三分量姿态传感器、可充电电池;数据采集/模数转换模块用于采集六分量电磁传感器和三分量姿态传感器输出的信号并将采集到的信号转换为数字信号,通过数据存

储模块进行存储。

[0031] 框架下方连接有下沉配重块,配重块通过连接声控释放器的钢丝或绳索与框架固定在一起,六分量海底电磁数据采集站9通过框架下部连接的配重块下沉到海底。框架上方安装有玻璃浮球,六分量海底电磁数据采集站9的框架与配重块分离后依靠框架上方固定的玻璃浮球上浮到海面进行回收。

[0032] 控制计算机给六分量海底电磁数据采集站9和海洋电磁数据采集缆16的各数据采集单元和传感器单元供电,对各采集单元和传感器进行检测、标定、参数设置、发送控制命令,将采集的海洋电磁数据实时进行处理、显示、质量监控和存储。

[0033] 实施例2 参考图3和图4,本实施例的海洋可控源电磁探测系统主要由在海洋电磁探测船1后甲板上安置的大功率可控电流发射源2、布设在海面以下的大回线感应磁性线圈8、沿大回线感应磁性线圈8四周布设的四对偶极电流源:第一对偶极电流源发射天线4;第二对偶极电流源发射天线5;第三对偶极电流源发射天线6;第四对偶极电流源发射天线7,拖曳在大回线感应磁性线圈8内部的一条或数条海洋电磁数据采集缆16、控制计算机组成。如图3所示,海洋电磁数据采集缆16上安装有浮球17、三分量磁场传感单元18、东西向电场传感器19、南北向电场传感器20、垂直电场传感器21。三分量磁场传感单元18由三个相互正交的磁场传感器组成。以三分量磁场传感单元18为中心,南北向电场传感器20沿采集缆方向布设,东西向电场传感器19和垂直电场传感器21分别与南北向电场传感器20正交,并且东西向电场传感器19和垂直电场传感器21也正交。在每个三分量磁场传感单元18旁边安置一个三分量姿态传感器,图中未示出,同步记录三分量姿态数据,用于后期对采集到的三分量磁场和三分量电场数据进行旋转处理。

[0034] 由于海洋可控电流源系统在海里发射的是数千安培的大电流,一般的大功率电流发射源对其发射的交变大功率电流信号在开通和关断的瞬间,其电流的波形会因为发射回路里的感抗而发生严重的畸变,如图5所示,呈非线性上升和非线性下降。为了减小由感抗带来的波形畸变,本实用新型在海洋电磁探测船1后甲板上的大功率电流发射源2内部安装有双钳位模块,其工作原理如图6所示,双钳位模块能够保证发射电流波形的形态与质量,双钳位对发射电流波形的上升沿和下降沿均有高电压钳位整形,上升沿通过高电压线性提升,提升发射电流峰值幅度,减小由感抗带来的波形畸变;发射电流波形下降沿通过高电压恒压钳位,线性快速下降。双钳位模块电路结构如图7所示,包括高压钳位源和钳位控制开关Q5组成,其中高压钳位源由 $R_N$ 和 $C_N$ 组成,通过调节高压钳位源 $R_N$ 和 $C_N$ 参数以及控制开关Q5的导通截止时序,将下降沿关断时的储存能量快速泄放并回馈到上升沿,实现电流上升沿快速提升,同时使下降沿快速下降。

[0035] 本实用新型的海洋可控源电磁探测系统,具体实施过程如下:

[0036] 首先按照预先设计好的坐标和间距,把六分量海底电磁数据采集站9投放到拟探测目标海域的海底。

[0037] 随后按照预先设计好的发射源拖曳路径,由海洋电磁探测船1将连接大功率可控电流发射源2的大回线感应磁性线圈8和复合全方位偶极电流源发射天线布设到海面下;并将一条或数条六分量海洋电磁数据采集缆16布设在大回线感应磁性线圈8内部。

[0038] 启动大功率可控电流发射源2,通过四对全方位的偶极电流源发射天线向海里同步或依次发射用不同的伪随机码调制的大功率电流信号;同时通过向大回线感应磁性线圈

8发射用不同的伪随机码调制的大功率交变电流,使大回线感应磁性线圈8在海里产生垂直于海平面的交变磁场信号;二者可以同时同步向海里的水下目标或海底地下的三维地质体激发可控电流源信号,也可以分别单独向海里的水下目标或海底地下地质体激发可控电流源信号。

[0039] 布设在海底的六分量海底电磁数据采集站9采集六分量可控源海底电磁数据;拖曳在大回线感应磁性线圈8中部的六分量海洋电磁数据采集缆16采集六分量可控源海洋电磁数据;二者可以同时同步采集海洋电磁数据,也可以分别单独采集海洋电磁数据。

[0040] 当探测区域内出现水下或贴近海底的移动目标或静止目标时,由于水下目标与海水有着巨大的电性差异(高导电率(金属)或高电阻率(复合材料)水下目标),布设在海底的六分量海底电磁数据采集站9或拖曳在大回线感应磁性线圈8内部的海洋电磁数据采集缆16就可以测量到水下移动或静止的目标引起的海洋电磁异常。

[0041] 通过控制计算机对测量到的海洋电磁数据的实时处理解释,就可以在探测海域内及时的发现水下或贴近海底的移动或静止的目标。当水下移动目标由运动状态转变为静止或静默(悬浮)状态,此时布设在水下的水声传感单元将无法探测或监测到水下静态目标,而此时的海洋电磁信号传感单元仍然能够通过测量水下目标出现时所扰动的海洋电磁场可靠的探测到和监测到水下目标。

[0042] 当探测区域内海底地下有与围岩存在电性差异的地质体出现时,布设在海底的六分量海底电磁数据采集站9或拖曳在大回线感应磁性线圈8内部的海洋电磁数据采集缆16就可以测量到由地下与围岩存在电性差异的地质体引起的海洋电磁异常。通过控制计算机对测量到的海洋电磁数据进行实时处理解释,就可以在探测海域内发现海底地下有与围岩存在电性差异的地质体。

[0043] 本实用新型的海洋可控源电磁探测系统,通过对水下目标和海底以下三维地质体的全方位电磁激发(照明),可以极大地提高水下被探测目标的信噪比,准确可靠的探测水下移动或在水中悬停或海底静默的目标和海底以下的三维地质体。解决目前行业内广泛使用的沿拖曳方向的单一偶极电流源激发方向单一、激发面积有限、无法对被探测水下目标或海底地下的三维地质体进行大面积全方位激发的难题。

[0044] 本实用新型的海洋可控源电磁探测系统,及海洋电磁数据采集方法,可以用来探测水下移动或静态的目标,也可以用于勘探海床上的多金属矿产资源,还可以勘探海底地下的天然气水合物和油气资源,调查海洋地质结构和构造。

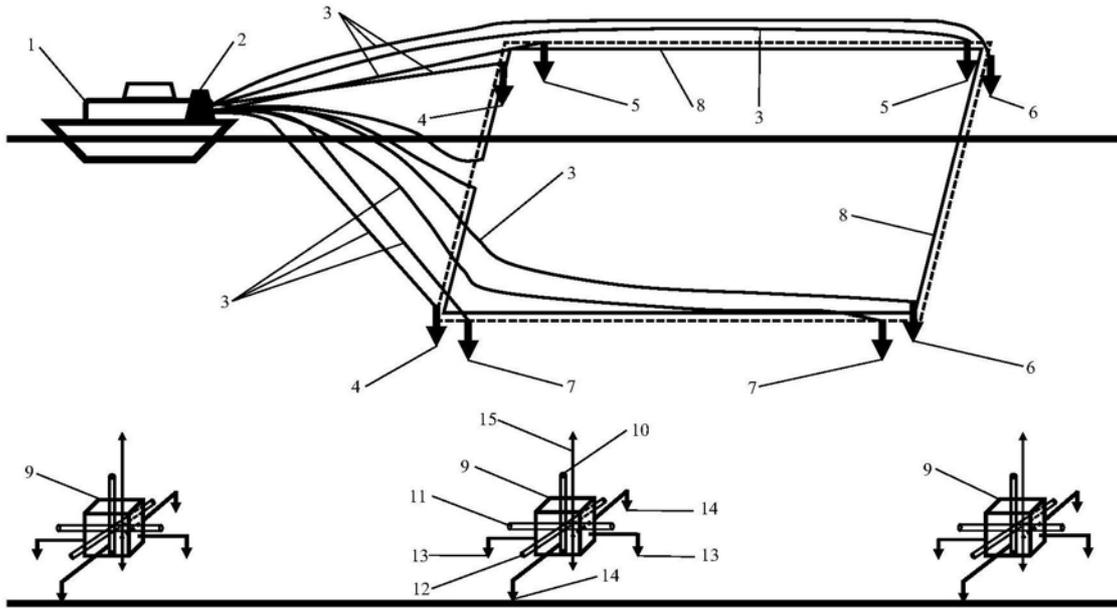


图1

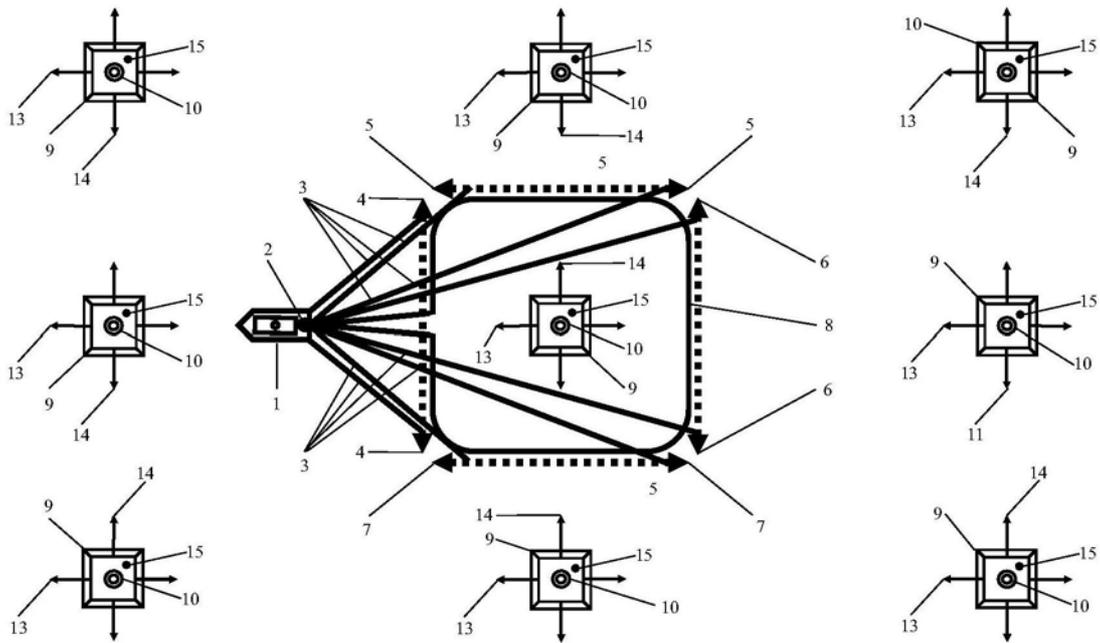


图2

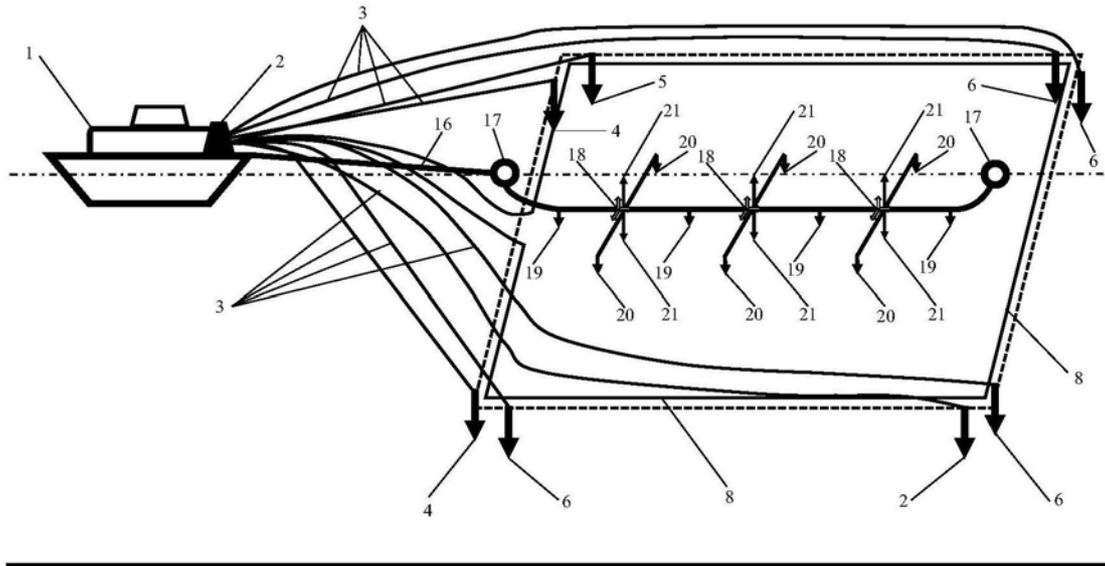


图3

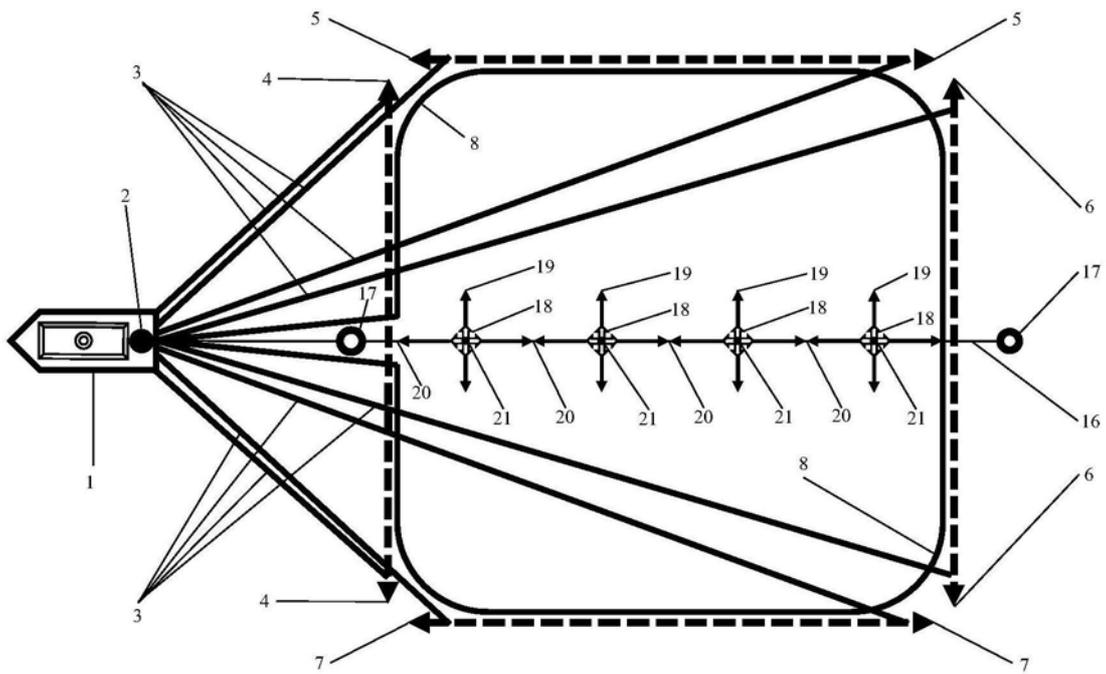


图4

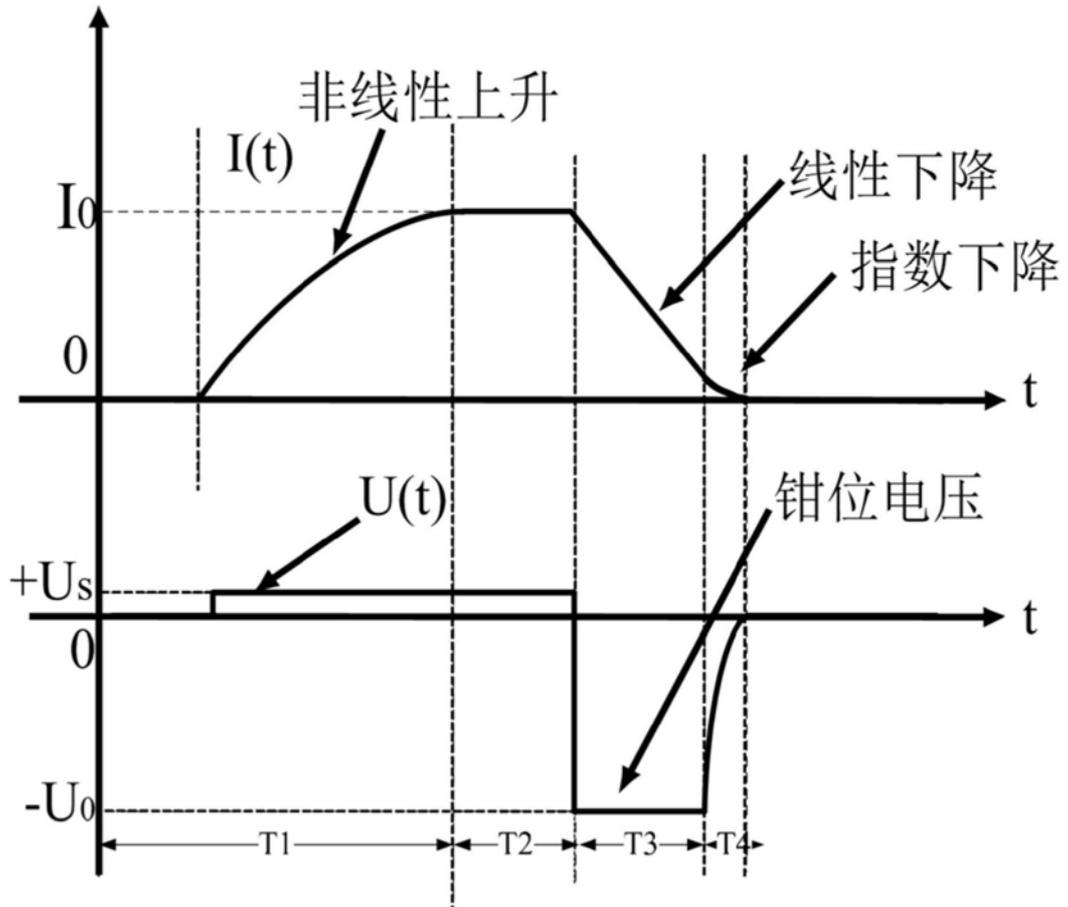


图5

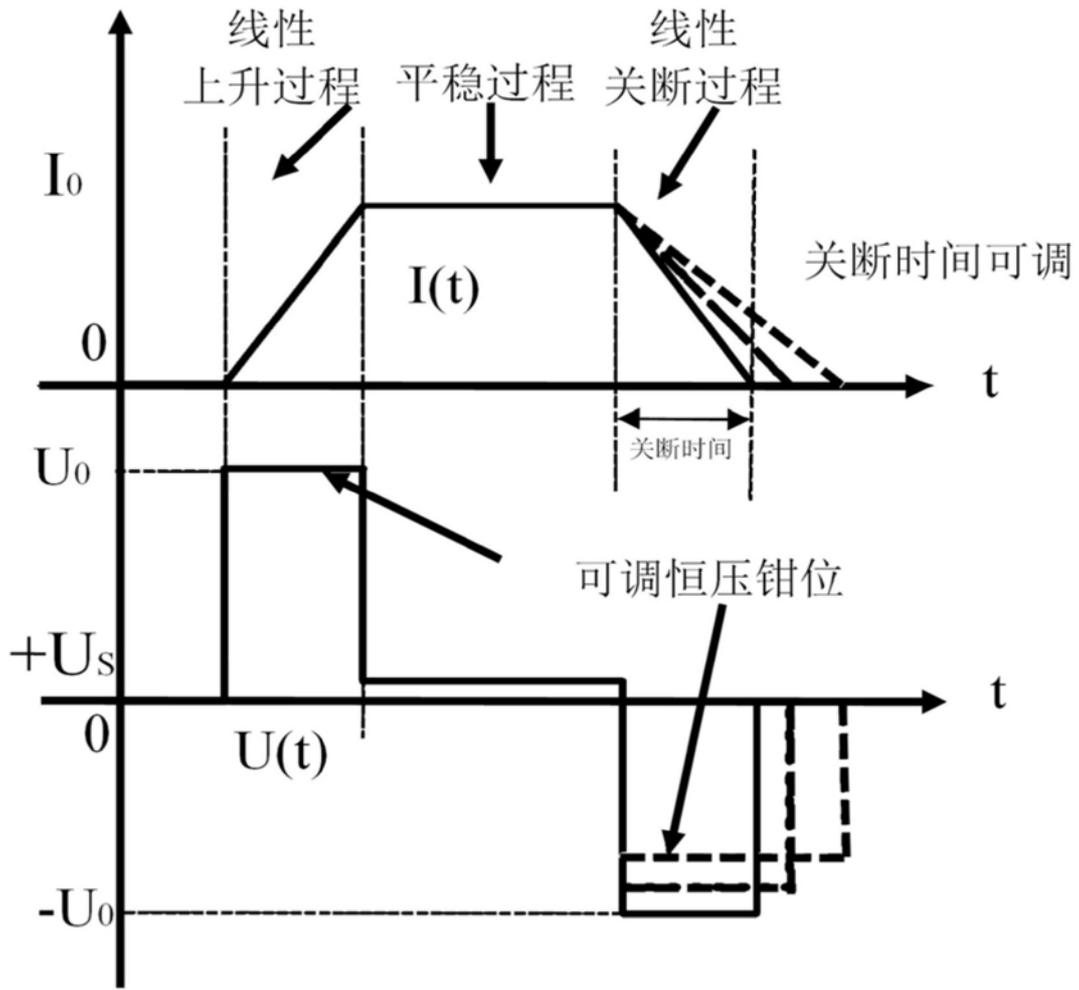


图6

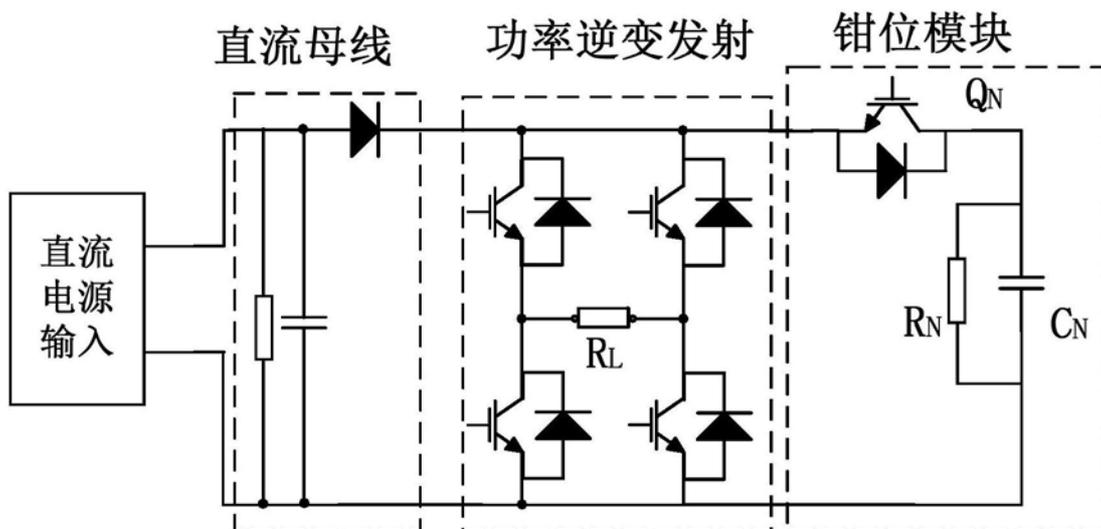


图7