



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107479601 A
(43)申请公布日 2017.12.15

(21)申请号 201710841321.8

(22)申请日 2017.09.18

(71)申请人 中国船舶科学研究中心(中国船舶重工集团公司第七〇二研究所)

地址 214082 江苏省无锡市滨湖区山水东路222号

(72)发明人 倪天 许可 范华涛

(74)专利代理机构 无锡华源专利商标事务所(普通合伙) 32228

代理人 聂启新

(51)Int.Cl.

G05D 27/02(2006.01)

B66D 1/60(2006.01)

B66D 1/08(2006.01)

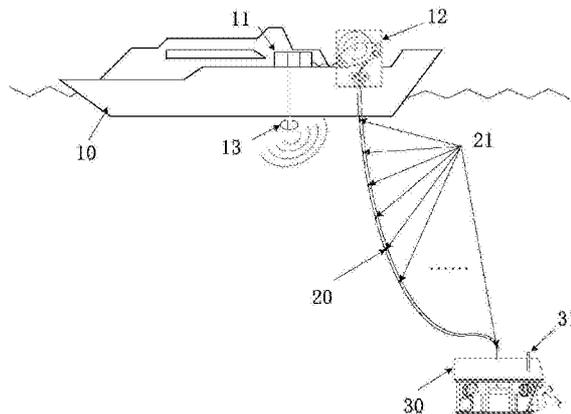
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种用于ROV脐带缆绞车的自动收放缆监控系统及方法

(57)摘要

本发明公开了一种用于ROV脐带缆绞车的自动收放缆监控系统及方法,涉及海洋工程系统与装备领域,该系统包括:水面母船、无人缆控潜水器ROV、控制台、ROV脐带缆绞车、脐带缆、声源、光纤水听器和水声信标;控制台、ROV脐带缆绞车和声源设置在水面母船上且声源朝向水下,控制台连接ROV脐带缆绞车和声源,ROV脐带缆绞车包括卷筒,脐带缆的一端缠绕在ROV脐带缆绞车的卷筒上并连接控制台、另一端连接ROV,光纤水听器间隔设置在脐带缆上,水声信标设置在ROV上;本申请可对脐带缆在水下的缆形和缆长等状态进行在线监测,通过综合分析处理,可实现脐带缆和ROV水下位置状态的三维模拟显示,提高了操纵的直观性和系统安全性。



1. 一种用于ROV脐带缆绞车的自动收放缆监控系统,其特征在于,所述系统包括:水面母船、无人缆控潜水器ROV、控制台、ROV脐带缆绞车、脐带缆、声源、光纤水听器和水声信标;所述控制台、ROV脐带缆绞车和声源设置在所述水面母船上且所述声源朝向水下,所述控制台连接所述ROV脐带缆绞车和声源,所述ROV脐带缆绞车包括卷筒,所述脐带缆的一端缠绕在所述ROV脐带缆绞车的卷筒上并连接所述控制台、另一端连接所述ROV,所述光纤水听器间隔设置在所述脐带缆上,所述水声信标设置在所述ROV上。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述脐带缆包括电缆和光纤缆,所述电缆和光纤缆的外部设置有钢丝铠装,所述钢丝铠装的外部设置有外护层,所述外护层由浮力材料制成,所述外护层中每隔预定距离埋设有所述光纤水听器,每个所述光纤水听器的外侧用透声材料进行固定封装。

3. 一种用于ROV脐带缆绞车的自动收放缆监控方法,所述方法用于如权利要求1或2所述的系统中,其特征在于,所述方法包括:

所述控制台每隔预定周期控制所述声源向水下发送检测声信号;

所述光纤水听器接收所述检测声信号并将接收到的所述检测声信号转换为接收光信号;

所述光纤水听器通过所述脐带缆将所述接收光信号发送给所述控制台;

所述控制台接收所述光信号并将所述接收光信号转换为接收电信号,根据各个接收电信号确定所述脐带缆的状态参数,所述状态参数至少包括所述脐带缆的缆形。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述根据各个接收电信号确定所述脐带缆的状态参数,包括:

对于每个光纤水听器对应的接收电信号,确定从所述声源发送所述检测声信号到接收到所述接收电信号之间的传播时长;

根据所述传播时长确定所述光纤水听器的位置;

根据各个光纤水听器的位置按照预定插值方法插值计算确定所述脐带缆上任一点的位置;

接收所述水声信标发送的声频信号,根据所述声频信号确定所述ROV的位置,确定所述ROV的位置为所述脐带缆的终点位置;

根据所述脐带缆上各点位置以及所述脐带缆的终点位置拟合得到所述脐带缆的缆形。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述脐带缆的状态参数还包括所述脐带缆的缆长,所述方法还包括:

根据所述脐带缆的缆形确定所述脐带缆的弯曲曲率;

根据所述脐带缆的各点位置、终点位置以及所述弯曲曲率计算得到所述脐带缆的缆长。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述根据所述脐带缆的各点位置、终点位置以及所述弯曲曲率计算得到所述脐带缆的缆长,包括:

根据所述脐带缆的各点位置、终点位置以及所述弯曲曲率计算得到所述脐带缆的第一缆长数据;

根据所述ROV脐带缆绞车的卷筒的转动圈数估算得到所述脐带缆的第二缆长数据;

根据所述第一缆长数据和所述第二缆长数据确定所述脐带缆的缆长。

7. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:
确定所述脐带缆的特性参数以及允许误差范围;
根据所述脐带缆的特性参数以及所述允许误差范围确定所述预定差值方法。
8. 根据权利要求4至7任一所述的方法,其特征在于,所述脐带缆的状态参数包括所述脐带缆的缆形和缆长,所述方法还包括:
接收操控指令,所述操控指令用于指示所述ROV的设定运动速度;
根据所述操控指令和所述脐带缆的状态参数生成收放缆指令,所述收放缆指令指示所述ROV脐带缆绞车的收放缆的速度;
将所述收放缆指令发送给所述ROV脐带缆绞车;
所述ROV脐带缆绞车接收所述收放缆指令,并按照所述收放缆指令指示的速度进行收放缆。
9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述根据所述操控指令和所述脐带缆的状态参数生成收放缆指令,包括:
根据所述操控指令计算三向推力;
根据所述脐带缆的缆形和缆长计算脐带缆张力;
将所述三向推力和所述脐带缆张力输入预设的ROV运动模型得到所述ROV的估算运动速度;
对所述ROV的估算运动速度进行积分计算得到所述ROV的估算位移;
根据所述ROV的估算位移和所述脐带缆的缆长确定收放缆量;
根据所述收放缆量和所述ROV的估算运动速度生成所述收放缆指令。

一种用于ROV脐带缆绞车的自动收放缆监控系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及海洋工程系统与装备领域,尤其是一种用于ROV脐带缆绞车的自动收放缆监控系统及方法。

背景技术

[0002] 无人缆控潜水器(Remotely Operated Vehicle,简称ROV)是深海探测与作业中的重要设备,通常是由水面母船上的ROV脐带缆绞车来进行布放与回收的,ROV脐带缆绞车用于实现收放缆、排缆和存储缆,而脐带缆连接水面母船和ROV,承担着ROV电能传输和数据通讯的重要作用。

[0003] 利用ROV开展深海作业时,往往需要ROV脐带缆绞车放出数千米长的脐带缆,放出的脐带缆的长度根据探测需要来确定,不能过长也不能过短,若放缆过长,则影响ROV的机动灵活性和作业能效,甚至可能致使脐带缆发生缠绕、打结或拖挂异物,不但导致作业任务失败,而且无法正常回收ROV和脐带缆;反之若放缆过短,则脐带缆张力将限制ROV的航行机动和水下作业。目前仅能通过ROV脐带缆绞车的卷筒运转的圈数大致估算放出的脐带缆的长度数据,但脐带缆在水下会受到ROV航行运动的牵引以及复杂的海流和海水波动的影响,缆形和位姿状态十分复杂且时刻发生变化,因此无法准确地进行预估和仿真模拟,也未见有效的监测系统可实现脐带缆的缆形和位姿的实时、准确监测,因此ROV脐带缆绞车的操控是一项复杂的工作,必须配备数名经专业培训的操纵人员,由专业操纵人员根据ROV的指令和状态,结合主观经验进行手动控制来进行ROV脐带缆绞车的收放缆,控制难度大且主观性强,往往会导致放缆过长或过短等问题,存在较大误判和误操作的风险。同时这种依靠人工操作的操控方式的操作强度大、操控效率低、运行成本高且自动化程度低。

发明内容

[0004] 本发明人针对上述问题及技术需求,提出了一种用于ROV脐带缆绞车的自动收放缆监控系统及方法,可以提高操纵的直观性,保障ROV的机动性能和作业能效、提高操控效率。

[0005] 本发明的技术方案如下:

[0006] 一种用于ROV脐带缆绞车的自动收放缆监控系统,该系统包括:水面母船、ROV、控制台、ROV脐带缆绞车、脐带缆、声源、光纤水听器和水声信标;控制台、ROV脐带缆绞车和声源设置在水面母船上且声源朝向水下,控制台连接ROV脐带缆绞车和声源,ROV脐带缆绞车包括卷筒,脐带缆的一端缠绕在ROV脐带缆绞车的卷筒上并连接控制台、另一端连接ROV,光纤水听器间隔设置在脐带缆上,水声信标设置在ROV上。

[0007] 其进一步的技术方案为,脐带缆包括电缆和光纤缆,电缆和光纤缆的外部设置有钢丝铠装,钢丝铠装的外部设置有外护层,外护层由浮力材料制成,外护层中每隔预定距离埋设有光纤水听器,每个光纤水听器的外侧用透声材料进行固定封装。

[0008] 一种用于ROV脐带缆绞车的自动收放缆监控方法,该方法用于上述系统中,该方法

包括：

- [0009] 控制台每隔预定周期控制声源向水下发送检测声信号；
- [0010] 光纤水听器接收检测声信号并将接收到的检测声信号转换为接收光信号；
- [0011] 光纤水听器通过脐带缆将接收光信号发送给控制台；
- [0012] 控制台接收光信号并将接收光信号转换为接收电信号，根据各个接收电信号确定脐带缆的状态参数，状态参数至少包括脐带缆的缆形。
- [0013] 其进一步的技术方案为，根据各个接收电信号确定脐带缆的状态参数，包括：
- [0014] 对于每个光纤水听器对应的接收电信号，确定从声源发送检测声信号到接收到接收电信号之间的传播时长；
- [0015] 根据传播时长确定光纤水听器的位置；
- [0016] 根据各个光纤水听器的位置按照预定插值方法插值计算确定脐带缆上任一点的位置；
- [0017] 接收水声信标发送的声频信号，根据声频信号确定ROV的位置，确定ROV的位置为脐带缆的终点位置；
- [0018] 根据脐带缆上各点位置以及脐带缆的终点位置拟合得到脐带缆的缆形。
- [0019] 其进一步的技术方案为，脐带缆的状态参数还包括脐带缆的缆长，该方法还包括：
- [0020] 根据脐带缆的缆形确定脐带缆的弯曲曲率；
- [0021] 根据脐带缆的各点位置、终点位置以及弯曲曲率计算得到脐带缆的缆长。
- [0022] 其进一步的技术方案为，根据脐带缆的各点位置、终点位置以及弯曲曲率计算得到脐带缆的缆长，包括：
- [0023] 根据脐带缆的各点位置、终点位置以及弯曲曲率计算得到脐带缆的第一缆长数据；
- [0024] 根据ROV脐带缆绞车的卷筒的转动圈数估算得到脐带缆的第二缆长数据；
- [0025] 根据第一缆长数据和第二缆长数据确定脐带缆的缆长。
- [0026] 其进一步的技术方案为，该方法还包括：
- [0027] 确定脐带缆的特性参数以及允许误差范围；
- [0028] 根据脐带缆的特性参数以及允许误差范围确定预定差值方法。
- [0029] 其进一步的技术方案为，脐带缆的状态参数包括脐带缆的缆形和缆长，该方法还包括：
- [0030] 接收操控指令，操控指令用于指示ROV的设定运动速度；
- [0031] 根据操控指令和脐带缆的状态参数生成收放缆指令，收放缆指令指示ROV脐带缆绞车的收放缆的速度；
- [0032] 将收放缆指令发送给ROV脐带缆绞车；
- [0033] ROV脐带缆绞车接收收放缆指令，并按照收放缆指令指示的速度进行收放缆。
- [0034] 其进一步的技术方案为，根据操控指令和脐带缆的状态参数生成收放缆指令，包括：
- [0035] 根据操控指令计算三向推力；
- [0036] 根据脐带缆的缆形和缆长计算脐带缆张力；
- [0037] 将三向推力和脐带缆张力输入预设的ROV运动模型得到ROV的估算运动速度；

- [0038] 对ROV的估算运动速度进行积分计算得到ROV的估算位移；
- [0039] 根据ROV的估算位移和脐带缆的缆长确定收放缆量；
- [0040] 根据收放缆量和ROV的估算运动速度生成收放缆指令。
- [0041] 本发明的有益技术效果是：
- [0042] 1、本申请可对脐带缆在水下的缆形和缆长等状态进行在线监测，通过综合分析处理，可实现脐带缆和ROV水下位置状态的三维模拟显示。不但提高了操纵的直观性，而且可用于危险预判和故障报警，提高系统安全性。
- [0043] 2、可自动地根据操控指令和脐带缆的缆长与缆形，进行ROV脐带缆绞车的优化控制，实现缆长和收放缆速度的实时控制，避免绞车放缆过长或过短的不利情况，确保ROV的航行机动性能和作业能效、提高系统操控效率、大大降低脐带缆发生缠绕、打结或拖挂异物等风险。
- [0044] 3、本申请公开的系统和方法可降低ROV脐带缆绞车的操作难度，减少相关人员配置，提高自动化程度，降低运行成本，避免人员误判和误操作的风险。

附图说明

- [0045] 图1是本申请公开的用于ROV脐带缆绞车的自动收放缆监控系统的系统结构图。
- [0046] 图2是本申请中的脐带缆的界面结构示意图。
- [0047] 图3是本发明公开的用于ROV脐带缆绞车的自动收放缆监控方法的流程示意图。
- [0048] 图4是ROV脐带缆绞车收放缆自动控制部分方法的流程示意图。

具体实施方式

- [0049] 下面结合附图对本发明的具体实施方式做进一步说明。
- [0050] 本申请公开了一种用于ROV脐带缆绞车的自动收放缆监控系统，请参考图1示出的系统图，该系统包括水面母船10、控制台11、ROV脐带缆绞车12、声源13、脐带缆20、光纤水听器21、ROV (Remotely Operated Vehicle, 无人缆控潜水器) 30和水声信标31。
- [0051] 控制台11、ROV脐带缆绞车12和声源13设置在水面母船10上。控制台11通常设置在水面母船10的舱室内，用于对整个系统进行监测和控制，控制台11包括工控计算机、显示器、操纵输入设备和信号采集与处理板卡等。ROV脐带缆绞车12包括卷筒，脐带缆缠绕在ROV脐带缆绞车12的卷筒上。声源13通常设置在水面母船10的船底且朝向水下。控制台11连接ROV脐带缆绞车12和声源13，用于ROV脐带缆绞车12和声源13的监测与控制。
- [0052] 脐带缆20连接水面母船10和ROV 30，具体的，脐带缆20的一端缠绕在ROV脐带缆绞车12的卷筒上并连接控制台11、另一端连接ROV 30，为ROV30探测与作业提供电能和数据的传输通道。请参考图2示出的脐带缆20的截面图，脐带缆20包括电缆22和光纤缆23，水面母船10通过脐带缆20中的电缆22为ROV 30供电、通过光纤缆23与ROV 30进行数据通讯。电缆22与光纤缆23绞合设置在中心加强芯24外部，电缆22和光纤缆23的外部设置有钢丝铠装25，钢丝铠装25的外部设置有外护层26，外护层26由浮力材料制成。光纤水听器21间隔设置在脐带缆20上，具体的，脐带缆20的外护层26中每隔预定距离埋设有光纤水听器21，该预定距离通常由用户自定义，每个光纤水听器21的外侧用透声材料27进行固定封装，确保脐带缆20的外表面顺滑，以便于脐带缆20的收放和排缆。各个光纤水听器21埋设在外护层26的

预定深度,外护层26在紧邻光纤水听器21的位置还埋设有光纤缆23,该光纤缆23提供水面母船10与光纤水听器21之间的数据传输通道。

[0053] 水声信标31设置在ROV 30上,水声信标31自带电池或由ROV 30供电,其在水下不断发射特定的声频信号,用于实时检测ROV 30相对于水面母船10的位置。

[0054] 基于图1所示的系统,本申请还公开了一种用于ROV脐带缆绞车的自动收放缆监控方法,该方法可对脐带缆在水下的缆长和缆形等状态进行在线监测,该方法包括如下几个步骤:

[0055] 步骤3-1,控制台每隔预定周期控制声源向水下发送特定的检测声信号,该预定周期由系统预设或用户自定义。

[0056] 步骤3-2,脐带缆中的光纤水听器依次接收到检测声信号,光纤水听器通过高敏感度的光学相干检测,将接收到的检测声信号转换为接收光信号。

[0057] 步骤3-3,光纤水听器通过埋在脐带缆中的光纤缆将接收光信号发送给控制台。

[0058] 步骤3-4,控制台接收光信号,并提取接收光信号中的水声信息转换为接收电信号。

[0059] 步骤3-5,计算自声源发送声信号到各个光纤水听器沿纵向、横向和垂向三个方向上接收到声信号的时间,也即对于每个光纤水听器对应的接收电信号,确定从声源发送检测声信号到接收到接收电信号之间的传播时长。

[0060] 步骤3-6,根据传播时长确定光纤水听器的位置,具体的,将步骤3-5中计算得到的传播时长乘以声波在海水中的传播速度,就可以得到光纤水听器至声源的纵向、横向和垂向三向相对距离,若定义声源(也即水面母船)为坐标系原点,则可以得到每个光纤水听器的三维位置坐标。

[0061] 步骤3-7,确定脐带缆的特性参数以及允许误差范围,脐带缆的特性参数包括脐带缆的直径、长度、密度、拉伸刚度、弯曲刚度和最小弯曲半径中的至少一种,脐带缆的特性参数和允许误差范围由用户输入。

[0062] 步骤3-8,根据脐带缆的特性参数以及允许误差范围确定预定差值方法,脐带缆的特性参数、允许误差范围与预定差值方法的对应关系可以是预设的。

[0063] 步骤3-9,根据各个光纤水听器的位置按照预定插值方法对脐带缆上未设置光纤水听器的其余点的位置进行插值数据计算,从而确定脐带缆上任一点的位置。

[0064] 步骤3-10,接收水声信标发送的声频信号,根据声频信号对ROV进行定位从而确定ROV的位置,ROV的位置即为脐带缆的终点位置。

[0065] 步骤3-11,对脐带缆的各点位置以及终点位置拟合得到脐带缆的缆形,同时水面母船的控制台通常包含显示器,控制台可以按照脐带缆的各点位置以及终点位置进行描绘,对脐带缆和ROV的水下位置状态进行三维模拟显示。

[0066] 步骤3-12,根据脐带缆的缆形确定脐带缆的弯曲曲率,根据脐带缆的各点位置、终点位置以及脐带缆的弯曲曲率,通过积分计算得到水下部分的脐带缆的第一缆长数据,弯曲曲率由用户输入。

[0067] 步骤3-13,ROV脐带缆绞车的卷筒每转动一圈的收放缆量约等于卷筒的周长,而卷筒的周长是预先知道且固定的,因此可以通过卷筒的周长乘以卷筒的转动圈数果断得到水下部分的脐带缆的第二缆长数据。

[0068] 步骤3-14,通过数据处理的方法根据第一缆长数据和第二缆长数据确定脐带缆的缆长,具体的,对第一缆长数据和第二缆长数据剔除奇异值后取平均值,再通过低通数字滤波器进行平滑处理,得到更精确的脐带缆的缆长,该缆长也可以在控制台的显示器中进行显示。

[0069] 通常情况下,本申请公开的方法会同时监测脐带缆的缆型和缆长,本申请公开的系统还可以根据确定得到的脐带缆的状态参数对ROV脐带缆绞车的收放缆过程进行自动控制,其自动控制过程包括如下几个步骤:

[0070] 步骤4-1,控制台接收用户输入的操控指令,该操控指令用于指示ROV的纵向、横向和垂向三向的设定运动速度。

[0071] 步骤4-2,控制台根据操控指令计算三向推力,具体可通过PID控制器(Proportion、Integral、Derivative)、神经网络控制器等各类型控制器进行计算。

[0072] 步骤4-3,控制台根据脐带缆的缆形和缆长计算脐带缆张力,其具体可以根据预先生成的模型或者算法进行计算,本申请对此不做赘述。

[0073] 步骤4-4,将三向推力和脐带缆张力输入预设的ROV运动模型得到ROV三向的估算运动速度,该ROV运动模型可以预先通过试验生成。

[0074] 步骤4-5,对ROV的估算运动速度进行积分计算得到ROV的估算位移,利用水声信标获取ROV的初始位置并通过数据处理的方法进行位移的校验和修正。

[0075] 步骤4-6,根据ROV的估算位移和脐带缆现有的缆长确定ROV移动导致的缆长变化量,即为脐带缆的收放缆量,其可以通过预先生成的数学模型计算得到,本申请对此不作赘述。

[0076] 步骤4-7,根据收放缆量和ROV的估算运动速度生成收放缆指令,该收放缆指令指示ROV脐带缆绞车的收放缆的速度。

[0077] 步骤4-8,控制台将收放缆指令发送给ROV脐带缆绞车。

[0078] 步骤4-9,ROV脐带缆绞车接收收放缆指令,并按照收放缆指令指示的速度进行收放缆,在上述自动控制过程中,本申请公开的系统会在线监测脐带缆实时的缆长和缆形,为收放缆量和收放缆的速度的计算提供实时数据。

[0079] 需要说明的是,上述方法中的各个步骤具体是由控制台中的不同控制器来执行,其数据流向示意图如图3所示,其中的信号采集与处理器、各监测点相对位置解算器、综合控制器、缆长计算器和缆形分析器都是控制台中的不同控制器,本申请不再一一赘述。其中,综合控制器在根据操控指令、缆长、缆形和水声信标的位置生成收放缆指令的具体流程示意图如图4所示,同样的,其中的ROV航行控制器、脐带缆张力计算器、ROV速度估算器、ROV位移估算器、绞车收放缆量控制器和绞车收放缆速度控制器都是控制台中的不同控制器,本申请也不再一一赘述。脐带缆缆长缆形监测系统即为图3中的用于确定脐带缆的缆长和缆形的系统。

[0080] 以上所述的仅是本发明的优选实施方式,本发明不限于以上实施例。可以理解,本领域技术人员在不脱离本发明的精神和构思的前提下直接导出或联想到的其他改进和变化,均应认为包含在本发明的保护范围之内。

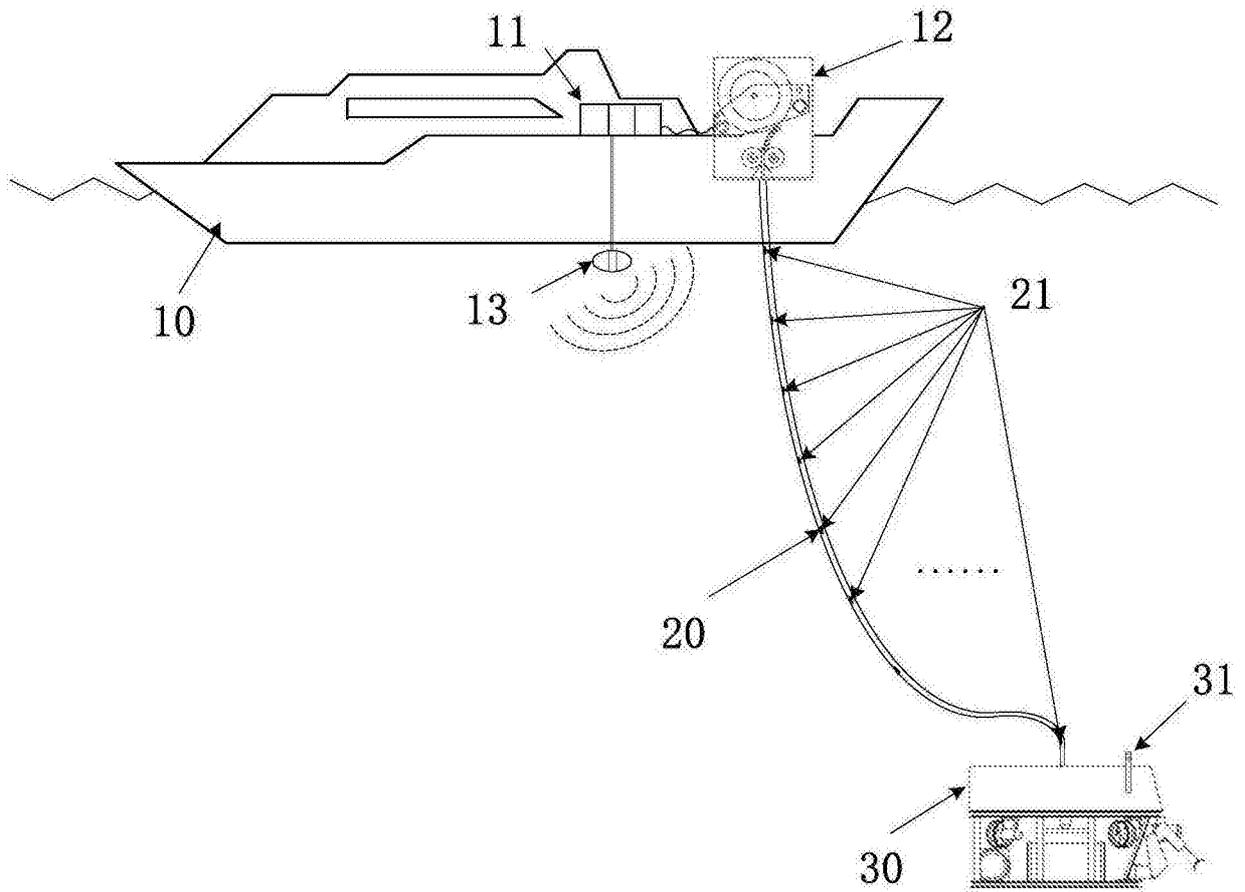


图1

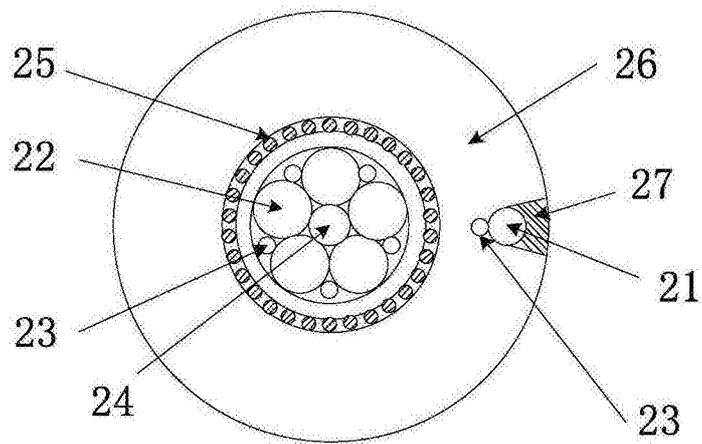


图2

