

# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102866384 A

(43) 申请公布日 2013. 01. 09

(21) 申请号 201210329725. 6

(22) 申请日 2012. 09. 10

(71) 申请人 北京引创科技有限责任公司  
地址 100080 北京市海淀区苏州街1号815

(72) 发明人 么彬 梁小龙 曲海峰 李春笛

(51) Int. Cl.  
G01S 5/18(2006. 01)

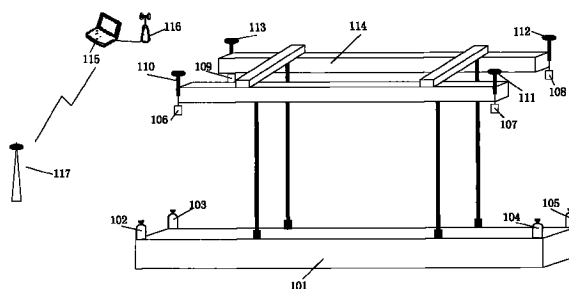
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 4 页

## (54) 发明名称

大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置

## (57) 摘要

本发明公开一种大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置,属于水下工程领域。具体来说该装置采用短基线声学定位原理,通过测量3至4个固定在水下吊装结构物定点上的声信标所发射信号到定位基阵4个接收点的时延来计算水下声信标到接收点的距离,通过圆周交汇法实现对水下信标的定位,通过3至4个信标的位置可以测量出水下结构物相对于定位基阵的位置和姿态,再通过RTK对定位基阵进行测量从而得到水下结构物在大地坐标系下的位置和姿态,从而有效指导水下施工。该装置可有效的解决当前普遍采用测量塔方式的水下测量方式的各种弊端,在提高工程质量的同时,可以有效的缩短施工时间,扩大施工范围。



1. 一种大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置,其特征在于该装置由安装于待测水下结构物(101)上的水下声信标(102、103、104、105)、安装于吊装船(114)上的声学定位接收器(106、107、108、109)、RTK定位与无线数传单元(110、111、112、113)、水下声信标释放遥控装置(115)以及主控计算机(117)和设置于近岸RTK基准站(118)组成。

2. 如权利要求1所述的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置,其特征在于水下声信标(102、103、104、105)由依次相连的充电与系统配置接口模块(201)、电池(209)、微控制器(202)、逻辑控制器(203)、发射驱动电路(204)、功率放大电路(205)、收发合置电声换能器(206)、接收信号调理电路(207)、数据采集电路(208),以及直接与微控制器相连的水压力测量单元(210)、声速测量单元(211)、信标释放单元(212)组成,所有组件放置于一个密封舱(213)中且密封舱由浮力材料包裹使整个密封舱呈现正浮力。

3. 如权利要求1所述的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置,其特征在于安装于吊装船(114)底部的声学定位接收器(106、107、108、109)由依次相连的电声换能器(301)、接收信号调理电路(302)、数据采集电路(303)、声学测距逻辑单元(304)、微控制器(305)、水上接口电路(306)组成。

4. 如权利要求1所述的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置,其特征在于安装于吊装船(114)上的RTK定位与无线数传单元(110、111、112、113)由依次相连的水下接口电路(401)、微控制器(402)、WIFI模块(404)、WIFI天线(406)以及RTK定位模块(404)和GPS天线(405)组成。

5. 如权利要求1所述的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置,其特征在于定位测量完成后水下声信标(102、103、104、105)采用声学遥控方式进行释放,其释放遥控装置(115)由依次相连的WIFI模块及天线(506)、微控制器(505)、逻辑控制单元(504)、发射驱动电路(503)、功率放大电路(502)、电声换能器(501)组成。

6. 如权利要求1所述的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置,其特征在于声学定位接收器(106、107、108、109)与RTK定位与无线数传单元(110、111、112、113)中的GPS天线(405)采用刚性连接,以便利用RTK对声学定位接收器(106、107、108、109)进行精确定位;声学定位接收器(106、107、108、109)与RTK定位与无线数传单元(110、111、112、113)通过各自的接口电路相连,其中包括用于传输数据的串行接口和用于进行时间同步的秒脉冲信号。

7. 如权利要求1所述的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置,其特征在于每个水下声信标(106、107、108、109)采用单独的PN序列进行编码,所发射信号包括同步定位信号(601)、保护间隔(602)和编码数据(603)三部分,编码数据中包括当前压力值和声速值。

8. 如权利要求1所述的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置,其特征在于释放遥控装置(115)连续发射5次具有相同调制斜率的线性调频信号作为释放信号,水下声信标收到任何一次都执行释放操作。

## 大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及的是水下工程领域,更确切地说,涉及一种大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置,适用于水下吊装物的精确定位、海底管线铺设测量控制及故障检测定位、水下工程的精密测量控制与工程结构实地放样、水下探测设备各种辅线实时校准、沿岸工程(港口、潮汐电站等)建设的水下测量控制等领域。

### 背景技术

[0002] 水下施工过程中经常遇到大型结构物的水下安装操作,例如水下沉管施工、大型结构物水下安装等,为了保证工程质量,这些施工过程都需要对水下结构物进行精确定位。传统的水下测量方法主要是基于测量塔的方式,使用 GPS 或全站仪进行测量。GPS 天线或全站仪反光棱镜安装于测量塔顶部,通过将水下测量点引出水面来进行测量。

[0003] 然而,传统的水下测量方法存在着如下的一些严重弊端:

[0004] (1) 测量塔安装、拆卸过程复杂,拆卸过程还需要有潜水员进行水下作业,增加了施工安全性的风险。

[0005] (2) 由于测量塔的高度限制,使得施工水域水深不能过深,不能实现大深度施工。

[0006] (3) 由于测量塔的影响,整个沉放过程中物件收水流影响增大,使得吊装的难度增大。

[0007] (4) 测量过程中测量数据难以做到自动实时记录,测量频率较低,且精度不高。

[0008] 为了解决现有测量方式所遇到的各类问题,需要一种适合工程应用的高精度水下大型吊装物位置、姿态测量装置,综合考虑水下环境和现有技术,水声定位技术最适合应用于水下吊装物位置、姿态测量

[0009] 水声定位技术中按照接收机声纳基阵的尺度或者应答器基阵间的基线长度来分类,水声定位技术主要分为长基线定位、短基线定位和超短基线定位三种,长基线水声定位系统的基阵长度在几公里到几十公里的量级,利用测量水下目标声源到各个基点间的距离确定目标的位置;短基线水声定位系统的基阵长度一般在几米到几十米的量级,利用目标发出的信号到达接收阵各个基点的时间差,解算目标的方位和距离;超短基线定位系统的基阵长度一般在几厘米到几十厘米的量级,它与前两种不同,利用各个基元接收信号间的相位差来解算目标的方位和距离。

[0010] 三种定位技术相比较而言,长基线定位系统的主要优点为对于大面积的测试区域,可以得到非常高的相对定位精度,然而长基线定位系统自身也存在海面或海底声基阵的布放及回收耗时很大;声基阵的数量庞大,费用十分昂贵;系统过于复杂,操作起来异常繁琐等一系列缺点。

[0011] 超短基线定位系统的优点在于接收换能器尺寸小,安装方便;集成系统低价、操作简便容易。超短基线的缺点在于安装系统后,需要对系统进行严格的校准,这一点在实际中是很难做到的;在对目标进行绝对精度测量时,对外围设备(姿态传感器和深度传感器)精度的依赖性很大,同时超短基线定位系统也是三类系统中定位精度最差的一种。

[0012] 短基线定位系统除了具有超短基线的集成系统低价、操作简便容易的优点外,还包括基于测时的高精度距离测量,从而实现高精度定位的优点;换能器体积相对较小,安装简单,同时对安装精度要求要远低于超短基线定位系统,因此也最适合应用于水下施工领域。

### 发明内容

[0013] 鉴于此,本发明公开了一种大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置,该装置由安装于待测水下结构物(101)上的水下声信标(102、103、104、105)、安装于吊装船(114)上的声学定位接收器(106、107、108、109)、RTK定位与无线数传单元(110、111、112、113)、水下声信标释放遥控装置(115)以及主控计算机(117)和设置于近岸RTK基准站(118)组成。

[0014] 本发明所公开的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置其水下声信标(102、103、104、105)由依次相连的充电与系统配置接口模块(201)、电池(209)、微控制器(202)、逻辑控制器(203)、发射驱动电路(204)、功率放大电路(205)、收发合置电声换能器(206)、接收信号调理电路(207)、数据采集电路(208),以及直接与微控制器相连的水压力测量单元(210)、声速测量单元(211)、信标释放单元(212)组成,所有组件放置于一个密封舱(213)中且密封舱由浮力材料包裹使整个密封舱呈现正浮力。

[0015] 本发明所公开的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置其安装于吊装船(114)底部的声学定位接收器(106、107、108、109)由依次相连的电声换能器(301)、接收信号调理电路(302)、数据采集电路(303)、声学测距逻辑单元(304)、微控制器(305)、水上接口电路(306)组成。

[0016] 本发明所公开的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置其安装于吊装船(114)上的RTK定位与无线数传单元(110、111、112、113)由依次相连的水下接口电路(401)、微控制器(402)、WIFI模块(404)、WIFI天线(406)以及RTK定位模块(404)和GPS天线(405)组成。

[0017] 本发明所公开的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置其声学定位接收器(106、107、108、109)与RTK定位与无线数传单元(110、111、112、113)中的GPS天线(405)采用刚性连接,以便利用RTK对声学定位接收器(106、107、108、109)进行精确定位;声学定位接收器(106、107、108、109)与RTK定位与无线数传单元(110、111、112、113)通过各自的接口电路相连,其中包括用于传输数据的串行接口和用于进行时间同步的秒脉冲信号。

[0018] 本发明所公开的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置其工作方式同步工作模式,水下声信标下水前通过GPS进行同步,下水后水下声信标定时发射声信号,安装于吊装船特定位置的声学定位接收器(106、107、108、109)接收声信号同时测量传播时间,并利用RTK定位与无线数传单元(110、111、112、113)将测量结果通过WIFI发送给主控计算机(117),主控计算机(117)通过下述方法解算出声信标的位置。

[0019] 本发明所公开的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置,其解算方法为,假设四个声学定位接收器(106、107、108、109)的坐标分别是 $(x_1, y_1, z_1)$ 、 $(x_2, y_2, z_2)$ 、 $(x_3, y_3, z_3)$ 、 $(x_4, y_4, z_4)$ ,声信标在水下的位置坐标 $(x, y, z)$ ,根据同步工作方式每个声学定位接收器(106、107、108、109)都可测得信标到每个水听器的时延分别为 $\tau_1$ 、 $\tau_2$ 、 $\tau_3$ 、 $\tau_4$ 。由此

可以确定定位方程如下

$$[0020] \quad \begin{cases} \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + (z-z_1)^2} = c \times \tau_1 \\ \sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + (z-z_2)^2} = c \times \tau_2 \\ \sqrt{(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2 + (z-z_3)^2} = c \times \tau_3 \\ \sqrt{(x-x_4)^2 + (y-y_4)^2 + (z-z_4)^2} = c \times \tau_4 \end{cases}$$

[0021] 在常声速假设下,即  $c$  是确定值,可以通过最小二乘法求解上式,得到水下声信标的位置,在水下结构物位置、姿态测量应用中,需同时解算四个水下声信标的位置,并最终拟合出物体在水下的真实位置和姿态。

[0022] 本发明所公开的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置,其每个水下声信标(102、103、104、105)采用单独的PN序列进行编码,所发射信号包括同步定位信号(601)、保护间隔(602)和编码数据(603)三部分,编码数据中包括当前压力值和声速值,通过测量水压力来确定声信标的深度。

[0023] 本发明所公开的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置,在定位测量完成后水下声信标(102、103、104、105)采用声学遥控方式进行释放,其释放遥控装置(115)由依次相连的WIFI模块及天线(506)、微控制器(505)、逻辑控制单元(504)、发射驱动电路(503)、功率放大电路(502)、电声换能器(501)组成。为了实现可靠释放,释放遥控装置(115)连续发射5次具有相同调制斜率的线性调频信号作为释放信号,水下声信标收到任何一次都执行释放操作。

[0024] 本发明所公开的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置与现有的水下工程测量定位技术相比具有诸多优点,具体来说:

[0025] 第一,不需要设置测量塔,不需要潜水作业。

[0026] 目前传统的定位测量方法是在水下物体上放置测量塔。这种方法需要大型吊机进行测量塔的放置。吊放完成之后进行测量的塔的撤销工作,需要潜水员下潜作业。随着水深和潮流流速的增加,对作业的危险度也会增加。本发明装置不需要测量塔,吊机,潜水作业。从经济成本上、效率上都显著增加。

[0027] 第二,可以对大水深的环境下进行施工。

[0028] 传统方法中,随着水深的增加,测量塔的高度也随之增加。本发明装置不需要考虑与水深对应的测量塔的问题。

[0029] 第三,有潮流环境下的施工成为可能。

[0030] 传统方法,在有潮流的环境中,由于使用到了测量塔,测量塔会收到潮流的流体力,导致整个船体及吊装物体等作业设备的摇晃不稳定。该装置没有由于测量塔而受到的潮流影响。

[0031] 第四,提高施工效率节省施工成本。

[0032] 由于使用本发明装置进行吊装物体定位时省去了测量塔安装、潜水员工作,水下设备可自行回收,因此整个施工的周期缩短10%左右,从而使测量成本降低为原来的1/2到1/5,有效的节省施工成本。

[0033] 由此可见,本发明设计新颖、技术含量高、易于实现且成本较低,非常适合于水下吊装物的精确定位,海底管线铺设测量控制及故障检测定位,水下工程的精密测量控制与

工程结构实地放样,水下探测设备各种辅线实时校准,沿岸工程(港口、潮汐电站等)建设的水下测量控制等领域。

### 附图说明

[0034] 为了使本发明的内容更利于相关专业技术人员理解,下面对附图进行简单说明。

[0035] 图 1 为本发明所述的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置的组成框图。

[0036] 图 2 为本发明所述的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置中水下声信标结构图。

[0037] 图 3 为本发明所述的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置中声学定位接收器结构图。

[0038] 图 4 为本发明所述的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置中 RTK 定位和无线数传单元结构图。

[0039] 图 5 为本发明所述的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置中水下声信标释放遥控装置结构图。

[0040] 图 6 为本发明所述的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置水下声信标发射信号示意图。

[0041] 图 7 为本发明所述的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置一种实施例中水下声信标结构图。

[0042] 图 8 为本发明所述的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置一种实施例中声学定位接收器与 RTK 天线连接结构图。

[0043] 图 9 为本发明所述的大型水下吊装结构物位置姿态实时测量装置一种实施例中声学定位接收器结构图。

### 具体实施方案

[0044] 下面结合附图和本发明一种较佳的具体实施例对本发明作进一步说明。

[0045] 作为本发明的一种较佳施例,水下声信标外壳密封舱采用 316 不锈钢制成,密封舱外侧包裹固体浮力材料使整个水下声信标呈现正浮力,所有电子部分都置于密封舱内,密封舱顶部安装收发合置电声换能器(206)和声速测量单元(211),侧面安装水压力测量单元(210),压力测量采用半导体压阻压力传感器来完成,密封舱内由下向上依次放置信标释放单元(212)和电池(209)和电子部分,结构如图 7 所示。电子部分中微控制器(202)采用 STM32 系列通过并行总线与逻辑控制器(203)相连,逻辑控制器(203)选用 Cyclone III 系列 FPGA 产生 PWM 信号通过发射驱动电路(204)驱动功率放大电路(205)产生发射信号,考虑到发射效率,本实施例中选用 D 类功率放大器,接收信号调理电路(207)包括固定增益前置放大电路、滤波电路和可控增益放大电路组成,数据采集电路(208)选用 ADI 公司的 AD7643 模数转换器来实现,AD7643 由 FPGA 控制完成数据采集和后续处理。

[0046] 作为本发明的一种较佳施例,声学定位接收器(106)与 RTK 定位天线(405)采用刚性连接杆(801)连接,固定于吊装船(114)外侧,结构图如图 8 所示,以确保对声学定位接收器(106)能够被准确定位。RTK 定位与无线数传单元(110)固定在连接杆(801)上。

[0047] 作为本发明的一种较佳施例,声学定位接收器(106)电子部分同样置于一个不锈

钢密封舱内 (901), 结构图如图 9 所示, 电声换能器 (301) 位于密封舱底部, 顶部装有水密连接器 (902) 通过防水电缆 (903) 与 RTK 定位与无线数传单元 (110) 相连。声学定位接收器 (106) 电子部分中接收信号调理电路 (302) 包括固定增益前置放大电路、滤波电路和可控增益放大电路组成, 数据采集电路 (303) 同样选用 ADI 公司的 AD7643 模数转换器来实现, 采用 Cyclone III 系列 FPGA 实现的声学测距逻辑单元 (304) 控制 AD7643 完成数据采集和声学测距算法, 并将结果通过 STM32 系列微控制器 (305) 通过 RS422 总线接口上传给 RTK 定位与无线数传单元 (110), 同时 FPGA 还通过 RS422 总线电平接收来自 RTK 定位与无线数传单元 (110) 的时间同步信号。

[0048] 作为本发明的一种较佳实施例, 本系统中出 RTK 参考站 (118) 与主控计算机 (117) 的数据链路外, 其余所有无线连接均采用 WIFI 组网方式, RTK 定位与无线数传单元 (110、111、112、113) 通过 WIFI 网络将声学定位接收器 (106、107、108、109) 的测距结果和自身定位结果发送给主控计算机 (117), 主控计算机 (117) 通过 WIFI 网络将控制信息和 RTK 修正值发送给 RTK 定位与无线数传单元 (110、111、112、113) 和释放遥控装置 (115)。

[0049] 以上所述仅为本发明的一种较佳可行实施例, 所述实施例并非用以限制本发明的专利保护范围, 因此凡是运用本发明的说明书及附图内容所做的等同结构变化, 同理均应包含在发明的保护范围内。





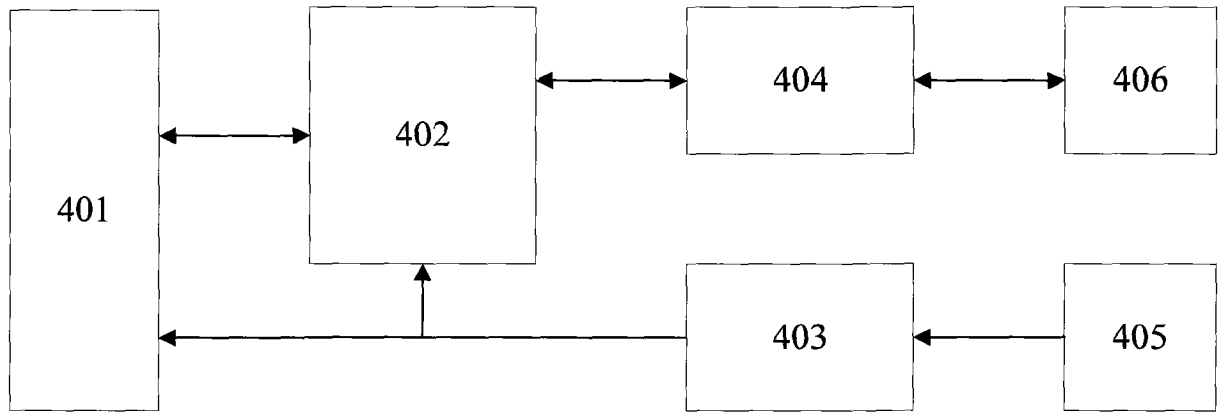


图 4

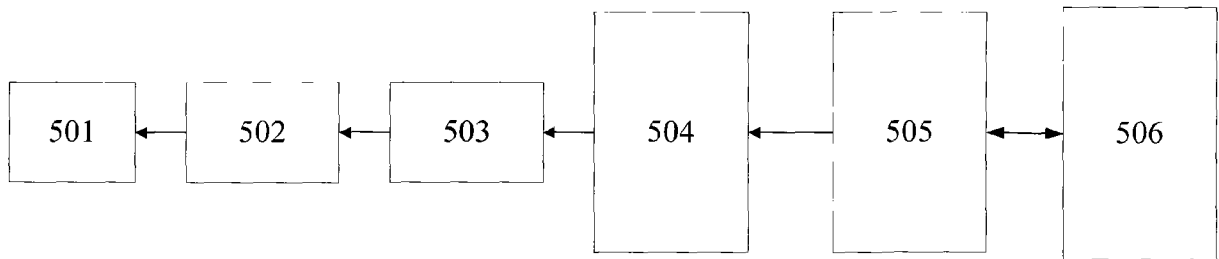


图 5

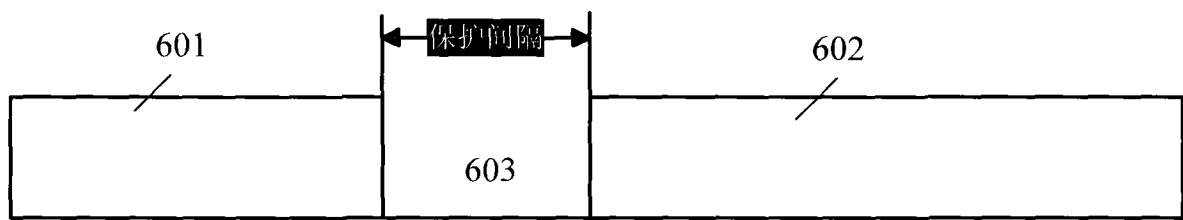


图 6

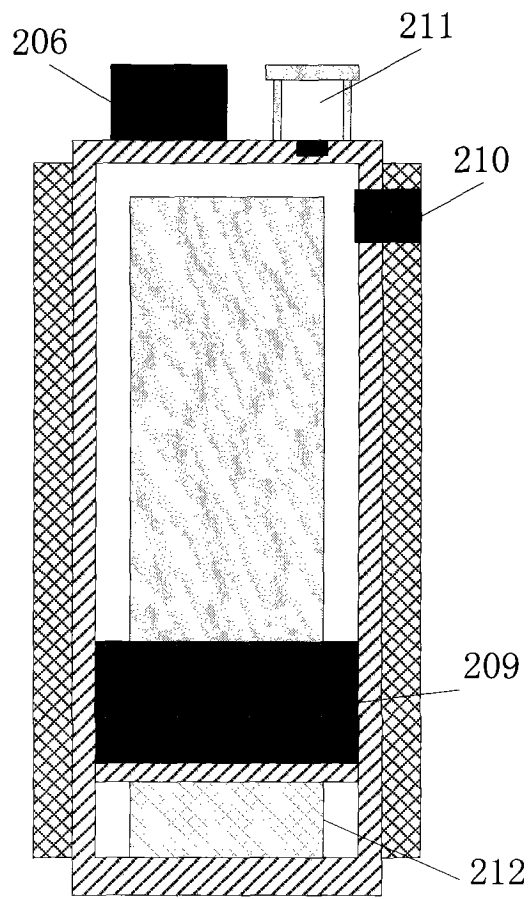


图 7

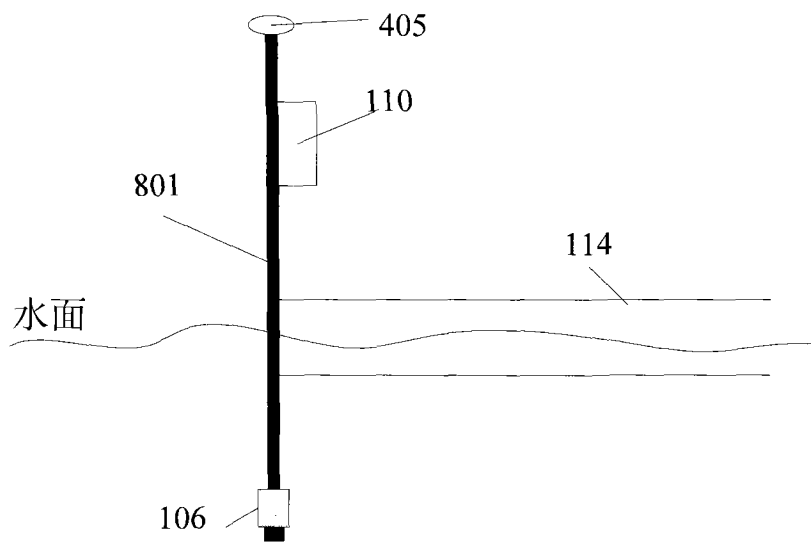


图 8

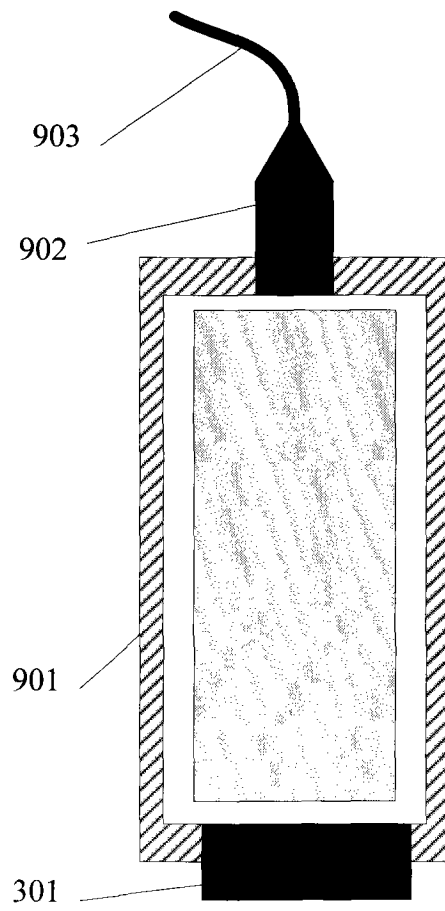


图 9