



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107907187 A

(43)申请公布日 2018.04.13

(21)申请号 201711050272.2

(22)申请日 2017.10.31

(71)申请人 中国科学院武汉岩土力学研究所
地址 430071 湖北省武汉市武昌区水果湖街小洪山2号

(72)发明人 施锡林 杨春和 李银平 冯晶
马洪岭 王同涛 李金龙 尹洪武
葛鑫博 张楠 陈涛 陈祥胜
章雨豪

(74)专利代理机构 北京众达德权知识产权代理有限公司 11570
代理人 刘杰

(51)Int.Cl.
G01F 23/64(2006.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

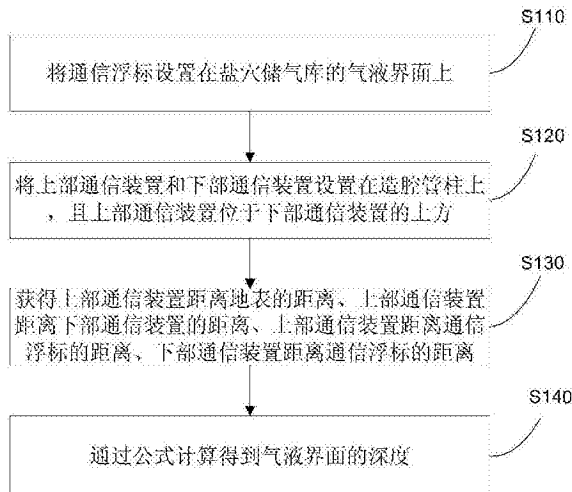
盐穴储气库的气液界面深度的测量方法及装置

(57)摘要

本发明公开了盐穴储气库的气液界面深度的测量方法及装置。其中,该方法包括:将通信浮标设置在盐穴储气库的气液界面上;将上部通信装置和下部通信装置设置在造腔管柱上,且上部通信装置位于下部通信装置的上方;获得上部通信装置距离地表的距离 $H_{上}$ 、上部通信装置距离下部通信装置的距离 $D_{上下}$ 、上部通信装置距离通信浮标的距离 $D_{上}$ 、下部通信装置距离通信浮标的距离 $D_{下}$;通过公式 $H = H_{上} + \frac{D_{上下}^2 + D_{上}^2 - D_{下}^2}{2D_{上下}}$,计算得到气液界面的深度H,由于避免了对电阻式油水界面检测仪的使用,不仅能够实现对气液界面深度的实时连续监测,而且还能对气液界面的深度进行大范围监测。

$$H = H_{上} + \frac{D_{上下}^2 + D_{上}^2 - D_{下}^2}{2D_{上下}}$$

计算得到气液界面的深度H,由于避免了对电阻式油水界面检测仪的使用,不仅能够实现对气液界面深度的实时连续监测,而且还能对气液界面的深度进行大范围监测。



1. 一种盐穴储气库的气液界面深度的测量方法,其特征在于,包括:

将通信浮标设置在盐穴储气库的气液界面上;

将上部通信装置和下部通信装置设置在造腔管柱上,且所述上部通信装置位于所述下部通信装置的上方;

获得所述上部通信装置距离地表的距离 $H_{上}$ 、所述上部通信装置距离所述下部通信装置的距离 $D_{上下}$ 、所述上部通信装置距离所述通信浮标的距离 $D_{上}$ 、所述下部通信装置距离所述通信浮标的距离 $D_{下}$;

通过公式 $H = H_{上} + \frac{D_{上下}^2 + D_{上}^2 - D_{下}^2}{2D_{上下}}$,计算得到气液界面的深度 H 。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述将通信浮标设置在盐穴储气库的气液界面上,具体包括:

将所述通信浮标放入所述造腔管柱中,由水流携带到地下盐穴中;

所述通信浮标基于自身的浮力漂浮在所述盐穴储气库的气液界面上。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述获得所述上部通信装置距离所述通信浮标的距离 $D_{上}$ 、所述下部通信装置距离所述通信浮标的距离 $D_{下}$,具体包括:

通过无线测距方式获得所述上部通信装置距离所述通信浮标的距离 $D_{上}$ 、所述下部通信装置距离所述通信浮标的距离 $D_{下}$ 。

4. 如权利要求1-3中任一项所述的方法,其特征在于,所述通信浮标的数量至少为3。

5. 一种盐穴储气库的气液界面深度的测量装置,其特征在于,包括:造腔管柱、上部通信装置、下部通信装置、通信浮标及主机;所述造腔管柱从地表穿入盐穴储气库中;所述上部通信装置和所述下部通信装置设置在所述造腔管柱上,且所述上部通信装置位于所述下部通信装置的上方;所述通信浮标设置在所述盐穴储气库的气液界面上;所述上部通信装置和所述下部通信装置分别与所述通信浮标通信连接;所述上部通信装置和所述下部通信装置分别与所述主机通信连接。

6. 如权利要求5所述的装置,其特征在于,所述主机包括:

通信模块,用于与所述上部通信装置、所述下部通信装置进行通信,输出控制指令或接收通信数据;

处理模块,用于基于所述接收到的通信数据,通过公式 $H = H_{上} + \frac{D_{上下}^2 + D_{上}^2 - D_{下}^2}{2D_{上下}}$,计算

得到气液界面的深度 H ;其中, $H_{上}$ 为所述上部通信装置距离地表的距离、 $D_{上下}$ 为所述上部通信装置距离所述下部通信装置的距离、 $D_{上}$ 为所述上部通信装置距离所述通信浮标的距离、 $D_{下}$ 为所述下部通信装置距离所述通信浮标的距离。

7. 如权利要求6所述的装置,其特征在于,所述主机还包括:

无线通讯模块,用于所述处理模块与远端进行通讯。

8. 如权利要求5所述的装置,其特征在于,所述造腔管柱包括:中间管和中心管;所述中间管从地表穿入所述盐穴储气库中;所述中心管设置在所述中间管中;所述上部通信装置和所述下部通信装置设置在所述中心管上;所述通信浮标的主体形状为圆柱形,所述通信浮标的直径小于所述中心管的内直径;所述通信浮标的直径小于所述中间管的内径与所述

中心管的外径之差。

9. 如权利要求5-8中任一项所述的装置,其特征在于,所述通信浮标的数量至少为3。

盐穴储气库的气液界面深度的测量方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及盐穴储气库建造技术领域,尤其涉及一种盐穴储气库的气液界面深度的测量方法及装置。

背景技术

[0002] 盐穴储气库采用淡水溶解地下盐矿的方式建造,其主要建造过程为:通过钻井连通地下盐矿与地面,在钻井中下入生产套管、中间管、中心管等造腔管柱;将柴油、天然气或氮气等阻溶剂从中间管外侧的环隙中注入地下,在盐穴顶部形成油垫层或气垫层,从而抑制盐穴快速向上溶解;把淡水或非饱和卤水注入井下,由盐矿溶解形成的高浓度卤水返至地面。在盐矿溶解过程中,地下盐穴的体积不断扩大,期间采用一系列技术参数控制阻溶剂垫层及管柱下入深度,最终获得形状较为理想的储库腔体。投入运行的储气库,通常为高度大于100米、最大直径约80米的梨形,位于地下数百米到两千余米。其中的阻溶剂垫层深度的检测,对于盐穴建造工程至关重要。但是由于造腔管柱的尺寸很小,常规的地面检测仪器无法安放在地下盐穴中探测,例如:我国金坛盐穴储气库造腔施工及注气排卤施工,所采用的中心管的外直径仅为114.30毫米,所采用的中间管的外直径仅为177.80毫米。

[0003] 在与气垫相关的储库建造过程中,采用天然气或氮气等气体作为阻止盐穴向上发展的阻溶剂,气液界面深度的有效监测是施工过程中的关键。目前,针对气液界面深度的监测,主要存在3方面的问题:

[0004] 1) 界面实时连续监测问题:气体的体积对温度和压力的变化非常敏感,当工艺参数调整时,气液界面的波动较大。传统的油垫阻溶造腔的电阻式油水界面检测仪,仅能实现间歇性、非连续的深度监测。

[0005] 2) 界面大范围监测问题:气液界面的上下调整范围大,传统的油水界面检测仪,仅能开展15米左右深度范围的界面探测,难以实现数十米甚至上百米调整范围的气液界面监测。

[0006] 3) 界面探测的时间滞后问题:我国盐穴储气库气垫阻溶修复施工,部分工程采用光纤式气液界面仪检测界面深度,其基本原理是通过检测气液界面附近的温度变化来确定界面深度。由于热传导需要较长时间,因此,存在时间滞后的问题,难以满足精细化建造工艺的需求。

发明内容

[0007] 本发明通过提供一种盐穴储气库的气液界面深度的测量方法及装置,解决了现有技术中无法对气液界面的深度进行及时连续的大范围监测的技术问题。

[0008] 本发明提供了一种盐穴储气库的气液界面深度的测量方法,包括:

[0009] 将通信浮标设置在盐穴储气库的气液界面上;

[0010] 将上部通信装置和下部通信装置设置在造腔管柱上,且所述上部通信装置位于所述下部通信装置的上方;

[0011] 获得所述上部通信装置距离地表的距离 H_E 、所述上部通信装置距离所述下部通信装置的距离 $D_{上下}$ 、所述上部通信装置距离所述通信浮标的距离 D_E 、所述下部通信装置距离所述通信浮标的距离 D_F ;

[0012] 通过公式 $H = H_E + \frac{D_{上下}^2 + D_E^2 - D_F^2}{2D_{上下}}$, 计算得到气液界面的深度 H 。

[0013] 进一步地, 所述将通信浮标设置在盐穴储气库的气液界面上, 具体包括:

[0014] 将所述通信浮标放入所述造腔管柱中, 由水流携带到地下盐穴中;

[0015] 所述通信浮标基于自身的浮力漂浮在所述盐穴储气库的气液界面上。

[0016] 进一步地, 所述获得所述上部通信装置距离所述通信浮标的距离 D_E 、所述下部通信装置距离所述通信浮标的距离 D_F , 具体包括:

[0017] 通过无线测距方式获得所述上部通信装置距离所述通信浮标的距离 D_E 、所述下部通信装置距离所述通信浮标的距离 D_F 。

[0018] 进一步地, 所述通信浮标的数量至少为3。

[0019] 本发明提供的盐穴储气库的气液界面深度的测量装置, 包括: 造腔管柱、上部通信装置、下部通信装置、通信浮标及主机; 所述造腔管柱从地表穿入盐穴储气库中; 所述上部通信装置和所述下部通信装置设置在所述造腔管柱上, 且所述上部通信装置位于所述下部通信装置的上方; 所述通信浮标设置在所述盐穴储气库的气液界面上; 所述上部通信装置和所述下部通信装置分别与所述通信浮标通信连接; 所述上部通信装置和所述下部通信装置分别与所述主机通信连接。

[0020] 进一步地, 所述主机包括:

[0021] 通信模块, 用于与所述上部通信装置、所述下部通信装置进行通信, 输出控制指令或接收通信数据;

[0022] 处理模块, 用于基于所述接收到的通信数据, 通过公式 $H = H_E + \frac{D_{上下}^2 + D_E^2 - D_F^2}{2D_{上下}}$,

计算得到气液界面的深度 H ; 其中, H_E 为所述上部通信装置距离地表的距离、 $D_{上下}$ 为所述上部通信装置距离所述下部通信装置的距离、 D_E 为所述上部通信装置距离所述通信浮标的距离、 D_F 为所述下部通信装置距离所述通信浮标的距离。

[0023] 进一步地, 所述主机还包括:

[0024] 无线通讯模块, 用于所述处理模块与远端进行通讯。

[0025] 进一步地, 所述造腔管柱包括: 中间管和中心管; 所述中间管从地表穿入所述盐穴储气库中; 所述中心管设置在所述中间管中; 所述上部通信装置和所述下部通信装置设置在所述中心管上; 所述通信浮标的主体形状为圆柱形, 所述通信浮标的直径小于所述中心管的内直径; 所述通信浮标的直径小于所述中间管的内径与所述中心管的外径之差。

[0026] 进一步地, 所述通信浮标的数量至少为3。

[0027] 本发明中提供的一个或多个技术方案, 至少具有如下技术效果或优点:

[0028] 先将通信浮标设置在盐穴储气库的气液界面上; 再将上部通信装置和下部通信装置分别设置在造腔管柱上, 通过实时获取上部通信装置距离地表的距离 H_E 、上部通信装置距离下部通信装置的距离 $D_{上下}$ 、上部通信装置距离通信浮标的距离 D_E 、下部通信装置距离通

信浮标的距离 $D_{下}$,再通过公式 $H = H_{上} + \frac{D_{上下}^2 + D_{上}^2 - D_{下}^2}{2D_{上下}}$ 可以计算得到气液界面的深度 H ,由

于避免了对电阻式油水界面检测仪的使用,不仅能够实现对气液界面深度的实时连续监测,而且还能对气液界面的深度进行大范围监测。由于避免了对光纤式气液界面仪的使用,不依赖于热传导,因而本发明还解决了监测时间滞后的问题。

附图说明

[0029] 图1为本发明实施例提供的盐穴储气库的气液界面深度的测量方法的流程图;

[0030] 图2为本发明实施例提供的盐穴储气库的气液界面深度的测量方法的原理图;

[0031] 图3为本发明实施例提供的盐穴储气库的气液界面深度的测量装置的结构示意图;

[0032] 图4为本发明实施例提供的盐穴储气库的气液界面深度的测量装置中主机4的外观图;

[0033] 其中,1-上部通信装置,2-下部通信装置,3-通信浮标,4-主机,5-盐穴储气库,6-气液界面,7-天然气,8-卤水,9-天然气注采口,10-卤水注采口,11-中间管,12-中心管,13-地表,14-地表电缆,15-地表电缆接口,16-井下电缆。

具体实施方式

[0034] 本发明实施例通过提供一种盐穴储气库的气液界面深度的测量方法及装置,解决了现有技术中无法对气液界面的深度进行及时连续的大范围监测的技术问题。

[0035] 本发明实施例中的技术方案为解决上述问题,总体思路如下:

[0036] 先将通信浮标设置在盐穴储气库的气液界面上;再将上部通信装置和下部通信装置分别设置在造腔管柱上,通过实时获取上部通信装置距离地表的距离 $H_{上}$ 、上部通信装置距离下部通信装置的距离 $D_{上下}$ 、上部通信装置距离通信浮标的距离 $D_{上}$ 、下部通信装置距离通

信浮标的距离 $D_{下}$,再通过公式 $H = H_{上} + \frac{D_{上下}^2 + D_{上}^2 - D_{下}^2}{2D_{上下}}$ 可以计算得到气液界面的深度 H ,由

于避免了对电阻式油水界面检测仪的使用,不仅能够实现对气液界面深度的实时连续监测,而且还能对气液界面的深度进行大范围监测。由于避免了对光纤式气液界面仪的使用,不依赖于热传导,因而本发明实施例还解决了监测时间滞后的问题。

[0037] 为了更好地理解上述技术方案,下面将结合说明书附图以及具体的实施方式对上述技术方案进行详细的说明。

[0038] 参见图1和图2,本发明实施例提供的盐穴储气库的气液界面深度的测量方法,包括:

[0039] 步骤S110:将通信浮标设置在盐穴储气库的气液界面上;

[0040] 对本步骤进行说明:

[0041] 将通信浮标放入造腔管柱中,由水流携带到地下盐穴中;

[0042] 通信浮标基于自身的浮力漂浮在盐穴储气库的气液界面上。

[0043] 在本实施例中,通信浮标的平均密度小于卤水的密度且大于盐穴内高压气体的密

度,从而能够始终漂浮在气液界面的表面上。

[0044] 步骤S120:将上部通信装置和下部通信装置设置在造腔管柱上,且上部通信装置位于下部通信装置的上方;

[0045] 这里需要说明的是,在本实施例中,步骤S110和步骤S120的先后顺序可以改变,而不局限于先放置通信浮标,后设置上部通信装置和下部通信装置。

[0046] 步骤S130:获得上部通信装置距离地表的距离 $H_{上}$ 、上部通信装置距离下部通信装置的距离 $D_{上下}$ 、上部通信装置距离通信浮标的距离 $D_{上}$ 、下部通信装置距离通信浮标的距离 $D_{下}$;

[0047] 对本步骤进行说明:

[0048] 上部通信装置距离地表的距离 $H_{上}$ 可以通过造腔管柱实际下入深度确定;上部通信装置距离下部通信装置的距离 $D_{上下}$ 可以在仪器安放作业中确定;上部通信装置距离通信浮标的距离 $D_{上}$ 、下部通信装置距离通信浮标的距离 $D_{下}$ 可以通过无线测距方式确定,所采用的无线测距方法包括但不限于RSSI测距、超宽带测距等。

[0049] 步骤S140:通过公式 $H = H_{上} + \frac{D_{上下}^2 + D_{上}^2 - D_{下}^2}{2D_{上下}}$,计算得到气液界面的深度 H 。

[0050] 这里需要说明的是,无论上部通信装置、下部通信装置和气液界面三者的相对位置的关系如何(例如:气液界面位于上部通信装置和下部通信装置之间;或,气液界面位于上部通信装置之上;或,气液界面位于下部通信装置之下),只需保证上部通信装置位于下部通信装置的上方,上述的气液界面深度的计算公式就不变。利用上述的气液界面深度的计算公式,就可以实现气液界面深度的大范围检测。

[0051] 为了保障测试数据的准确性和测试系统的可靠性,在本实施例中,通信浮标的数量至少为3,且每个通信浮标都有单独的编号,以区分不同的通信浮标。

[0052] 参见图3,本发明实施例提供的盐穴储气库的气液界面深度的测量装置,包括:造腔管柱、上部通信装置1、下部通信装置2、通信浮标3及主机4;造腔管柱从地表13穿入盐穴储气库5中;上部通信装置1和下部通信装置2设置在造腔管柱上,且上部通信装置1位于下部通信装置2的上方;通信浮标3设置在盐穴储气库5的气液界面6上;上部通信装置1和下部通信装置2分别与通信浮标3通信连接;上部通信装置1和下部通信装置2分别与主机4通信连接。

[0053] 具体地,上部通信装置1和下部通信装置2通过井下电缆16与地表电缆接口15相连,地表电缆接口15安装于地表井口上。井下电缆16绑扎在造腔管柱的外壁上。主机4安放在地表13,主机4通过地表电缆14与地表电缆接口15相连,从而实现上部通信装置1、下部通信装置2与主机4的通讯。主机4是探测信号的处理设备,负责向位于盐穴储气库5内的上部通信装置1和下部通信装置2发布指令,并收集处理上部通信装置1和下部通信装置2传输到地表13的信息。

[0054] 对主机4的结构进行说明,主机4包括:

[0055] 通信模块,用于与上部通信装置1、下部通信装置2进行通信,输出控制指令或接收通信数据;

[0056] 处理模块,用于基于接收到的通信数据,通过公式 $H = H_{上} + \frac{D_{上下}^2 + D_{上}^2 - D_{下}^2}{2D_{上下}}$,计算

得到气液界面6的深度H;其中, $H_{上}$ 为上部通信装置1距离地表13的距离,可以通过造腔管柱实际下入深度确定; $D_{上下}$ 为上部通信装置1距离下部通信装置2的距离,可以在仪器安放作业中确定; $D_{上}$ 为上部通信装置1距离通信浮标3的距离,可以通过无线测距方式确定,所采用的无线测距方法包括但不限于RSSI测距、超宽带测距等; $D_{下}$ 为下部通信装置2距离通信浮标3的距离,可以通过无线测距方式确定,所采用的无线测距方法包括但不限于RSSI测距、超宽带测距等。

[0057] 这里需要说明的是,无论上部通信装置1、下部通信装置2和气液界面6三者的相对位置的关系如何(例如:气液界面6位于上部通信装置1和下部通信装置2之间;或,气液界面6位于上部通信装置1之上;或,气液界面6位于下部通信装置2之下),只需保证上部通信装置1位于下部通信装置2的上方,上述的气液界面深度的计算公式就不变。利用上述的气液界面深度的计算公式,就可以实现气液界面深度的大范围检测。

[0058] 对主机4的结构进行进一步说明,主机4还包括:

[0059] 无线通讯模块,用于处理模块与远端进行通讯。

[0060] 在本实施例中,无线通讯模块至少为以下任意一种:

[0061] WiFi通讯模块、RFID通讯模块、蓝牙通讯模块。

[0062] 参见图4,主机4还包括:显示屏;

[0063] 显示屏与处理模块通信连接,用以显示 $H_{上}$ 、 $D_{上下}$ 、 $D_{上}$ 、 $D_{下}$ 、H、当前时刻、剩余电量、通讯模式等。

[0064] 对造腔管柱的结构进行说明,造腔管柱包括:中间管11和中心管12;中间管11从地表13穿入盐穴储气库5中;中心管12设置在中间管11中;上部通信装置1和下部通信装置2设置在中心管12上;通信浮标3的主体形状为圆柱形,通信浮标3的直径小于中心管12的内直径;通信浮标3的直径大于中间管11的内径与中心管12的外径之差,以防止通信浮标3进入中间管11与中心管12环空或卡在该环空中。

[0065] 对通信浮标3的结构进行进一步说明,对通信浮标3的端部做球面圆滑处理,以便其能够通过中心管12顺利投入盐穴储气库5中。

[0066] 为了保障测试数据的准确性和测试系统的可靠性,通信浮标3的数量至少为3个,且每个通信浮标3都有单独的编号,以便于主机4可以识别该编号信息,以区分不同的通信浮标3。

[0067] 通过本发明实施例提供的装置对气液界面深度进行测量的步骤如下:

[0068] 1) 仪器地面调试:在地表13布设主机4,将地表电缆14、地表电缆接口15、上部通信装置1、井下电缆16和下部通信装置2依次连接到主机4,将通信浮标3放置于主机4的附近,打开主机4查看信号传输是否正常并进行信号初步调试工作。

[0069] 2) 仪器下井:开始中心管12的下入作业,期间将下部通信装置2、井下电缆16和上部通信装置1依次绑扎到中心管12的外壁上,依次下入井下。

[0070] 3) 记录尺寸数据:下入作业完毕后,记录各部件的下入深度,包括:上部通信装置1距离地表13的距离 $H_{上}$ 、上部通信装置1距离下部通信装置2的距离 $D_{上下}$ 。

[0071] 4) 投放通信浮标3:将通信浮标3从地表13放入中心管12。通过卤水注采口10向盐

穴储气库5内注入卤水8,通过水流将通信浮标3送入地下盐穴。通过天然气注采口9从盐穴储气库5中排出天然气7。当通信浮标3被冲出中心管12后,在浮力的作用下漂浮在气液界面6上。每次投放作业,投入到地下的可正常工作的通信浮标3不少于3个,以保障测试数据的准确性和测试系统的可靠性。

[0072] 5) 开始探测:启动仪器,主机4向上部通信装置1和下部通信装置2发布探测指令,上部通信装置1和下部通信装置2分别与通信浮标3通讯,然后将信号实时传输至位于地表13的主机4。主机4将井下传输上来的信号进行处理,得到上部通信装置1距离通信浮标3的距离 $D_{上}$ 、下部通信装置2距离通信浮标3的距离 $D_{下}$,并计算得到气液界面6的深度H。处理结果可以实时显示在主机4的电子显示屏上,也可以通过WiFi、RFID、蓝牙等数据传输功能将信息传输到工程指挥中心。

[0073] 6) 探测结束:当阶段性工程结束,完成探测任务后,关闭主机4。在取出中心管12时,将上部通信装置1、下部通信装置2和井下电缆16依次回收至地表13,将通信浮标3留在盐穴中,不需要回收。

[0074] 【技术效果】

[0075] 1、先将通信浮标设置在盐穴储气库的气液界面上;再将上部通信装置和下部通信装置分别设置在造腔管柱上,通过实时获取上部通信装置距离地表的距离 $H_{上}$ 、上部通信装置距离下部通信装置的距离 $D_{上下}$ 、上部通信装置距离通信浮标的距离 $D_{上}$ 、下部通信装置距离

通信浮标的距离 $D_{下}$,再通过公式 $H = H_{上} + \frac{D_{上下}^2 + D_{上}^2 - D_{下}^2}{2D_{上下}}$ 可以计算得到气液界面的深度

H,由于避免了对电阻式油水界面检测仪的使用,不仅能够实现对气液界面深度的实时连续监测,而且还能对气液界面的深度进行大范围监测。由于避免了对光纤式气液界面仪的使用,不依赖于热传导,因而本发明实施例还解决了监测时间滞后的问题。

[0076] 2、本发明实施例中的主机4的功能强大,不仅具有信号强度显示和调节功能,而且还具有WiFi、RFID、蓝牙数据传输功能及时间和剩余电量显示功能。

[0077] 3、本发明实施例中的通信浮标3的数量至少为3,从而保障了测试数据的准确性和测试系统的可靠性。

[0078] 本发明实施例适用于不规则盐穴气垫阻溶修复、盐穴气垫阻溶造腔及盐穴注气排卤等施工过程。

[0079] 尽管已描述了本发明的优选实施例,但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念,则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本发明范围的所有变更和修改。

[0080] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

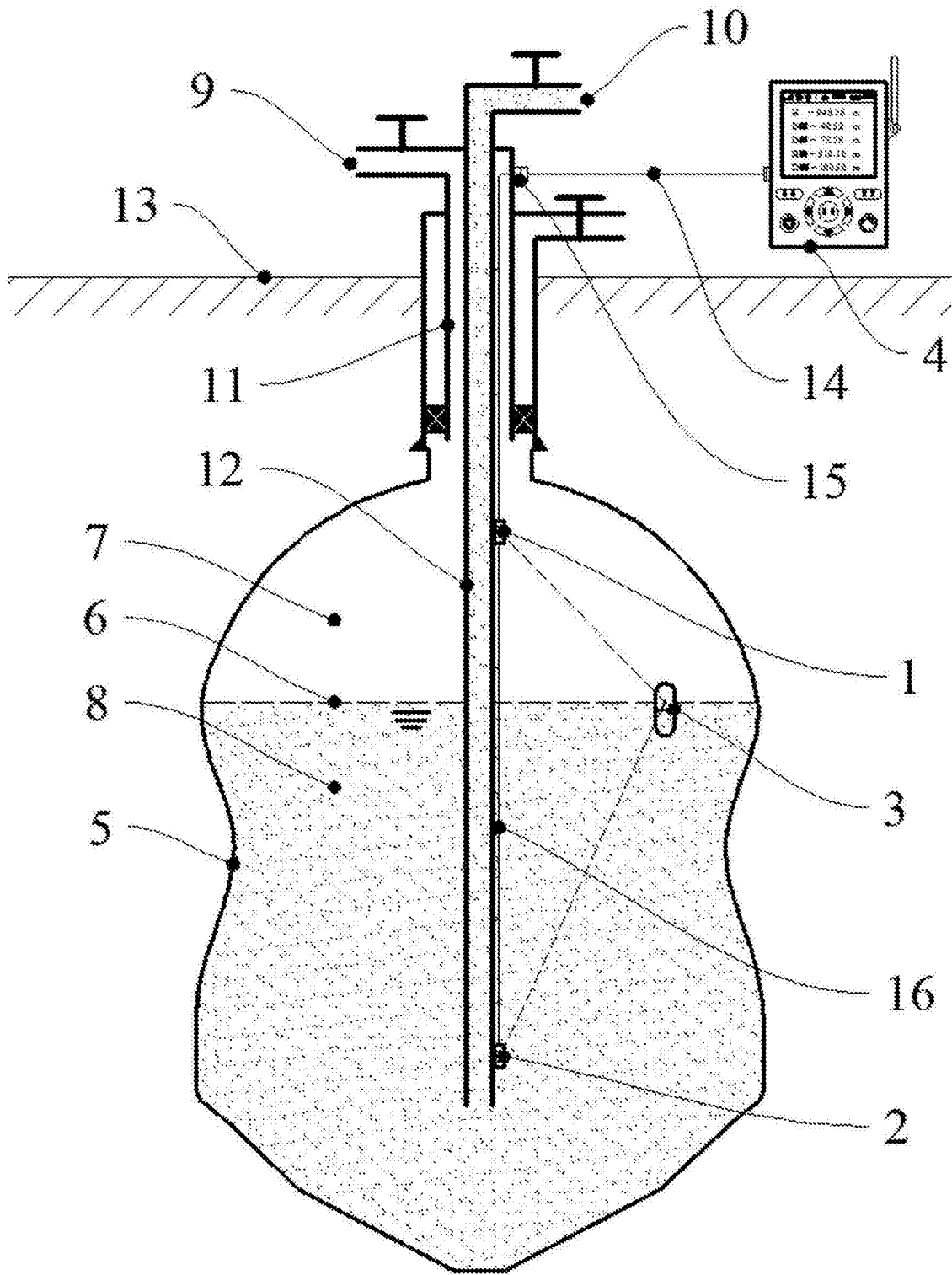


图3

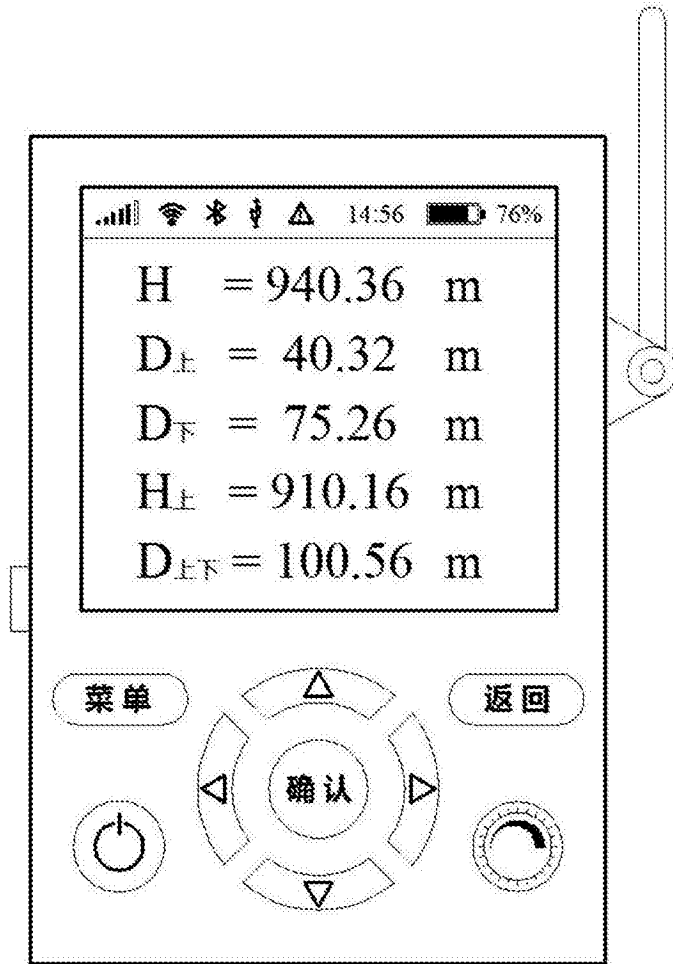


图4