



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108535324 B

(45) 授权公告日 2021.11.05

(21) 申请号 201810247112.5

(22) 申请日 2013.08.30

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108535324 A

(43) 申请公布日 2018.09.14

(30) 优先权数据  
12183754.6 2012.09.10 EP

(62) 分案原申请数据  
201310389155.4 2013.08.30

(73) 专利权人 贝克休斯能源科技英国有限公司  
地址 英国布里斯托尔

(72) 发明人 杰弗瑞·斯蒂芬·格拉哈姆  
菲利普·爱德华·哈莱  
威廉·詹姆斯·谢泼德

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 康建峰 杜诚

(51) Int.Cl.  
G01N 27/02 (2006.01)  
F16L 11/00 (2006.01)

(56) 对比文件  
US 4695787 A, 1987.09.22  
CN 101283258 A, 2008.10.08  
US 5126654 A, 1992.06.30  
US 5485100 A, 1996.01.16  
CN 102269642 A, 2011.12.07  
CN 2708312 Y, 2005.07.06

审查员 孙昕

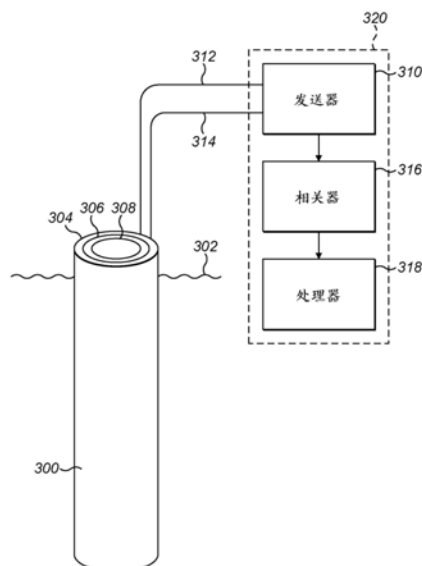
权利要求书3页 说明书15页 附图9页

### (54) 发明名称

管道装置及其形成方法和检测管道装置内的缺陷的方法

### (57) 摘要

公开了一种包括被配置成检测柔性管体内的缺陷的检测装置的管道装置。该检测装置包括信号发生器、接收器、相关器和处理器。信号发生器被配置为耦合到至少部分地沿柔性管的长度延伸并且彼此电隔离以构成电力传输线的第一和第二导电构件，并且被配置为生成电测试信号并且将包括脉冲编码调制电信号的测试信号施加到第一和第二导电构件之间。接收器被配置为耦合到第一和第二导电构件并且接收包括测试信号的反射的电返回信号。相关器被配置成将测试信号与返回信号相关联并确定相关信号。处理器被配置为检测相关信号的变化并确定所检测到的变化是否指示管缺陷。也公开了检测柔性管体内的缺陷的方法以及形成管道装置的方法。



1. 一种用于输送产液的管道装置,包括:

管体,包括:

管内护套,所述管内护套沿着所述管体的长度延伸并且限定了管体腔,

管外护套,所述管外护套沿着所述管体的长度延伸,所述管内护套和所述管外护套之间限定了沿所述管体的长度延伸的环形管体,其中,所述产液不能渗透所述管内护套从而将所述产液保持在所述管体腔内,并且所述管体外部的流体不能渗透所述管外护套从而阻止所述流体从所述管体的外部进入所述环形管体,和

第一和第二导电构件,所述第一和第二导电构件至少部分地在所述环形管体内沿所述管体的长度延伸并且彼此电隔离以构成电力传输线;

端部配件,其耦合到所述管体的一端;以及

第一检测装置,其耦合到所述端部配件,

其中,所述第一检测装置包括:

信号发生器,其耦合到所述第一和第二导电构件的第一端,并且被布置成生成电测试信号并在所述第一和第二导电构件之间施加所述电测试信号,所述电测试信号包括脉冲编码调制电信号;

接收器,其耦合到所述第一和第二导电构件的所述第一端,并且被布置成接收包括所述电测试信号的反射的电返回信号;

相关器,其被布置成将所述电测试信号与所述电返回信号相关联并确定相关信号;以及

第一处理器,其被布置成检测所述相关信号的变化,并且确定所检测到的变化是否指示所述管外护套的导致流体进入所述环形管体的破裂,

其中,所述第一和第二导电构件中至少之一包括导电带元件。

2. 根据权利要求1所述的管道装置,其中,所述管体包括在所述环形管体内的多个金属结构构件,以及其中,所述第一和第二导电构件之一包括所述金属结构构件之一。

3. 根据权利要求1所述的管道装置,其中,所述第一处理器被布置成检测所述相关信号的指示所述管外护套的导致流体进入所述环形管体的破裂的特征,并且根据对应于所述特征的相关延迟以及所述电力传输线的预定传播速度来确定所述破裂的沿所述管体的对应空间位置。

4. 根据权利要求3所述的管道装置,其中,所述第一处理器还被布置成确定所述相关信号的特征的幅度,并且确定所述电力传输线的特性阻抗的局部变化的对应幅度。

5. 根据权利要求1所述的管道装置,其中,所述第一处理器被布置成生成输出信号,所述输出信号指示已检测到指示所述管外护套的导致流体进入所述环形管体的破裂的相关信号变化。

6. 根据权利要求3所述的管道装置,其中,所述第一处理器还被布置成生成输出信号,所述输出信号指示所述破裂的沿所述管体的对应空间位置。

7. 根据权利要求1所述的管道装置,还包括第二检测装置,所述第二检测装置包括:

阻抗监测器,其耦合到至少部分地沿所述管体的长度延伸的所述第一和第二导电构件之一或另外的导电构件和所述管体外部的海水电极,所述海水电极电连接至所述第二检测装置并且与围绕至少部分所述管体的海水接触,所述阻抗监测器被配置为响应于施加到所

述第一和第二导电构件之一或另外的导电构件的电测试信号来以第一频率和第二频率测量所述导电构件与所述海水电极之间的阻抗;以及

第二处理器,其被布置成检测所测量的阻抗关于具有第一频率的电测试信号的变化,并且如果检测到所测量的阻抗的变化,则确定所述变化是否指示所述管外护套的导致海水进入所述环形管体的破裂,如果所述变化指示所述破裂,则通过比较在所述第一频率和所述第二频率所测量的阻抗来确定从所述海水电极到所述破裂的距离。

8. 一种形成用于输送产液的管道装置的方法,所述方法包括:

提供管体,所述管体包括:

管内护套,所述管内护套沿着所述管体的长度延伸并且限定了管体腔,

管外护套,所述管外护套沿着所述管体的长度延伸,所述管内护套和所述管外护套之间限定了沿所述管体的长度延伸的环形管体,其中,所述产液不能渗透所述管内护套从而将所述产液保持在所述管体腔内,并且所述管体外部的流体不能渗透所述管外护套从而阻止所述流体从所述管体的外部进入所述环形管体,和

第一和第二导电构件,所述第一和第二导电构件至少部分地在所述环形管体内沿所述管体的长度延伸,并且彼此电隔离以构成电力传输线;

将端部配件耦合到所述管体的一端;和将检测装置耦合到所述端部配件,

其中,所述检测装置包括:

信号发生器,其耦合到所述第一和第二导电构件的第一端,并且被布置成生成电测试信号并在所述第一和第二导电构件之间施加所述电测试信号,所述电测试信号包括脉冲编码调制电信号;

接收器,其耦合到所述第一和第二导电构件的所述第一端,并且被布置成接收包括所述电测试信号的反射的电返回信号;

相关器,其被布置成将所述电测试信号与所述电返回信号相关联并确定相关信号;以及

处理器,其被布置成检测所述相关信号的变化,并且确定所检测到的变化是否指示所述管外护套的导致流体进入所述环形管体的破裂,

其中,所述第一和第二导电构件中至少之一包括导电带元件。

9. 一种检测用于输送产液的管道装置内的缺陷的方法,所述方法包括:

将信号发生器和接收器耦合到第一和第二导电构件的第一端,所述第一和第二导电构件至少部分地在环形管体内沿柔性管体的长度延伸并且彼此电隔离以构成电力传输线,其中所述环形管体沿所述柔性管体的长度延伸,其中,所述信号发生器和所述接收器经由耦合到所述柔性管体的一端的端部配件耦合到所述第一和第二导电构件;

在所述信号发生器处生成包括脉冲编码调制电信号的电测试信号;

在所述第一和所述第二导电构件之间施加所述电测试信号;

在所述接收器处接收包括所述电测试信号的反射的电返回信号;

将所述电测试信号与所述电返回信号相关联以确定相关信号;和

检测所述相关信号的变化,

其中,所述第一和第二导电构件中至少之一包括导电带元件,

其中,在沿着所述管体的长度延伸的管内护套与沿着所述管体的长度延伸的管外护套

之间限定了所述环形管体,所述管内护套限定了管体腔,

其中,所述产液不能渗透所述管内护套从而将所述产液保持在所述管体腔内,并且所述管体外部的流体不能渗透所述管外护套从而阻止所述流体从所述管体的外部进入所述环形管体,以及

其中,所述方法还包括确定所检测的所述相关信号的变化是否指示所述管外护套的导致流体进入所述环形管体的破裂。

## 管道装置及其形成方法和检测管道装置内的缺陷的方法

[0001] 本申请是2013年8月30日提交的国家申请号为201310389155.4,发明名称为“检测装置和方法”的专利申请的分案申请。

### 技术领域

[0002] 本发明涉及检测装置和方法。具体地,本发明涉及一种被配置为检测柔性管体内的缺陷的检测装置以及一种检测管体的缺陷或状态变化的方法。具体实施例涉及包括柔性管体和检测装置的柔性管、形成这样的柔性管的方法以及操作这样的柔性管的方法。本发明的某些实施例还被配置为检测管体的状态变化。

### 背景技术

[0003] 传统上,柔性管用于将诸如石油和/或天然气和/或水的产液从一个地点输送到另一地点。柔性管在连接海底位置(可以是深水区,比如1000米以上)与海平面位置时尤其有用。该管可具有通常高达约0.6米的内部直径。柔性管一般形成柔性管体与一个或多个端部配件(end fitting)的组件。管体通常形成为构成含压导管的层状材料的组合。管结构允许大变形而不会引起在其寿命期间削弱管的功能性的弯曲应力。管体通常被构造为包括金属层和聚合物层的组合结构。

[0004] 在许多已知的柔性管设计中,管体包括一个或多个压力铠装层(armour layer)。在这样的层上的主要负荷由径向力形成。压力铠装层通常具有特定的横截面剖面以进行互锁从而能够保持并吸收由管道上的外部或内部压力产生的径向力。这样防止管由于压力而破裂或爆裂的绕线的横截面剖面有时被称为耐压剖面。当压力铠装层由螺旋状绕线形成的环状部件形成时,来自管道上的外部或内部压力的径向力使得环状部件展开或收缩,从而对线施加拉伸负荷。

[0005] 在许多已知的柔性管设计中,管体包括一个或多个可拉伸铠装层。在这样的可拉伸铠装层上的主要负荷是张力。在高压应用中(诸如在深水和超深水环境中),可拉伸铠装层承受来自内部压力端盖负荷与柔性管的自支撑重量的组合的高拉伸负荷。由于这样的状态经历了延长的时间段,因此这能够导致柔性管发生故障。

[0006] 无粘结柔性管已用于深水(小于3,300英尺(1,005.84米))和超深水(大于3,300英尺)环境中。对石油的需求不断增加,这使得勘探发生在环境因素更极端的越来越大的深度。例如,在这样的深水和超深水环境中,海底温度增加了产液冷却至可能导致管堵塞的温度的风险。增加的深度还增加了与柔性管必须工作的环境相关联的压力。结果,对柔性管体的各层的高水平性能的需要增加。柔性管也可用于浅水应用(例如,小于约500米的深度)或者甚至用于岸上(陆上)应用。

[0007] 一种改进负荷响应并由此改进铠装层的性能的方式是由更厚且更坚固并因而更稳健的材料来制造这些层。例如,对于压力铠装层(其中,这些层通常由具有层互锁中的相邻绕组的绕线形成),由更厚的材料来制造线导致强度适当地增加。然而,随着使用了更多的材料,柔性管的重量增加。最终,柔性管的重量会变成在使用柔性管时的限制因素。另外,

使用越来越厚的材料来制造柔性管明显地增加了材料成本,这也是缺点。

[0008] 不考虑改进管体内的铠装层的性能而采取的措施,在柔性管内出现缺陷的风险仍然存在。缺陷可能包括对柔性管的外壁的损害,从而导致海水进入管体内的环状空间以使得海水填充管的铠装层线与其他结构元件之间的空隙。铠装层线和其他结构元件通常由钢或在与海水接触时易受加速的腐蚀影响的其它金属材料制造。如果没有及时检测到这样的缺陷,则会危害管体的结构完整性。检测缺陷以前经常需要目视检查管体,这可能是危险的,特别是对于深水和超深水安装。此外,如果任其发展,柔性管的某些状态变化(包括弯曲、破碎和大的温度变化)可能导致缺陷。之前通常仅通过目视检查来检测这样的状态变化。

## 发明内容

[0009] 本发明的某些实施例提供了如下优点:能够检测管体内的缺陷而无需进行定期目视检查。接着,可以修复缺陷或者替换管体。可检测的缺陷包括柔性管的外壁的裂口(breach)以及海水进入管体环状空间。某些实施例也可以提供例如由于对管体施加的挤压或弯曲而导致的管体的状态变化或者沿管体的长度的温度变化的指示。

[0010] 根据本发明的第一方面,提供了一种检测装置,其被配置为检测柔性管内的缺陷,该检测装置包括:信号发生器,被配置为耦合到第一和第二导电构件,第一和第二导电构件至少部分地沿柔性管的长度延伸并且彼此电隔离以构成电力传输线,该信号发生器被配置为生成电测试信号并在第一和第二导电构件之间施加测试信号,该测试信号包括脉冲编码调制电信号;接收器,被配置为耦合到第一和第二导电构件,并且接收包括测试信号的反射的电返回信号;相关器,被配置为将测试信号与返回信号相关联并确定相关信号;以及处理器,被配置为检测相关信号的变化,并且确定所检测到的变化是否指示管缺陷。

[0011] 管道可用于石油和天然气开采时的高压用途

[0012] 信号发生器可被配置为生成包括随机或伪随机脉冲序列的测试信号。具体地,信号发生器可被配置为生成包括连续的脉冲编码调制电信号或脉冲编码调制电信号的突发脉冲(burst)的测试信号。

[0013] 处理器可被配置为检测相关信号的特征,并根据电力传输线的预定传播速度、根据对应于该特征的相关延迟来确定沿柔性管体的对应空间位置。该处理器可进一步被配置为确定相关信号的特征的幅度,并且确定电力传输线的特征的局部变化的对应幅度。处理器可进一步被配置为确定与该特征相关联的物理事件的性质。

[0014] 处理器可被配置为生成输出信号,该输出信号表示已检测到指示管体缺陷或管体的状态变化的相关信号变化。处理器还可以被配置为生成输出信号,该输出信号表示对于电力传输线的特征阻抗的局部变化的沿柔性管体的对应空间位置。

[0015] 根据本发明的第二方面,提供了一种检测柔性管内的缺陷的方法,该方法包括:将信号发生器耦合到第一和第二导电构件,第一和第二导电构件至少部分地沿柔性管的长度延伸并且彼此电隔离以构成电力传输线;在信号发生器处生成包括脉冲编码调制电信号的电测试信号;在第一和第二导电构件之间施加测试信号;将接收器耦合到第一和第二导电构件;接收包括测试信号的反射的电返回信号;将测试信号与返回信号相关联以确定相关信号;检测相关信号的变化;以及确定所检测到的变化是否指示管缺陷。

[0016] 根据本发明的第三方面,提供了一种管道装置,包括:管体,包括第一和第二导电构件,第一和第二导电构件至少部分沿管体的长度延伸并且彼此电隔离以构成电力传输线;端部配件,耦合到管体的至少一端;以及根据本发明的第一方面的检测装置,耦合到与柔性管体的端部耦合的端部配件,其中信号发生器耦合到第一和第二导电构件。

[0017] 至少一个导电构件可包括在管体结构内电隔离的、管体的金属结构构件。至少一个导电构件可包括延伸通过最内阻挡层和最外阻挡层之间的管体的适当导电带元件(例如,金属线或线缆)。一个构件可包括管的结构,例如层或铠装线,并且其他构件可包括与周围的结构元件电隔离的结构元件。

[0018] 管道装置可进一步包括第二检测装置,第二检测装置包括:阻抗监测器,耦合到至少部分沿管体的长度延伸的导电构件和与包围至少部分管体海水接触的海水电极,并且被配置为响应于施加到导电构件的电测试信号来以第一频率和第二频率测量导电构件与海水电极之间的阻抗;以及处理器,被配置为检测所测量的阻抗关于具有第一频率的电测试信号的变化,并且如果检测到所测量的阻抗的变化,则确定该变化是否指示管道缺陷,如果是这样,则通过比较以第一频率和第二频率所测量的阻抗来确定从海水电极到管缺陷的距离。

[0019] 构成传输线的第一和第二导电构件可包括管体的第一和第二金属结构构件,并且耦合到阻抗监测器的导电构件包括第一和第二金属结构构件中的一个。

[0020] 根据本发明的第四方面,提供了一种形成管道装置的方法,该方法包括:提供管体,该管体包括至少部分沿管体的长度延伸并且彼此电隔离以构成电力传输线的第一和第二导电构件;以及将端部配件耦合到管体的至少一端;其中根据本发明的第一方面的检测装置耦合到与管体的端部耦合的端部配件,该方法还包括将信号发生器耦合到第一和第二导电构件。

[0021] 根据本发明的第五方面,提供了一种检测装置,其被配置为检测在至少部分被海水包围的柔性管内的缺陷,该检测装置包括:阻抗监测器,被配置为响应于施加到导电构件的电测试信号,以第一频率和第二频率测量至少部分地沿柔性管的长度延伸的导电构件和与包围至少部分柔性管的海水接触的单独海水电极之间的阻抗;以及处理器,被配置为检测所测量的阻抗关于具有第一频率的电测试信号的变化,并且如果检测到所测量的阻抗的变化,则确定该变化是否指示管缺陷,如果是这样,则通过比较以第一频率和第二频率所测量的阻抗来确定从海水电极到管缺陷的距离。

[0022] 该管可具有外部电隔离层以使得在任何缺陷发生前,导电构件与海水之间不导电。

[0023] 阻抗监测器可被配置为以10Hz与100kHz之间的多个频率将电测试信号施加到导电构件。

[0024] 阻抗监测器可包括:电流源,被配置为将电测试信号提供给导电元件;以及电压计,被配置为确定在导电构件处相对于海水电极所生成的电压。

[0025] 电压计可以是同步解调器,并且阻抗监测器还可包括控制器,该控制器被配置为将频率控制信号提供到电流源和同步解调器以确保电压测量对于电流源同步。

[0026] 根据本发明的第六方面,提供了一种检测至少部分被海水包围的柔性管内的缺陷的方法,该方法包括:将阻抗监测器耦合在至少部分地沿柔性管的长度延伸的导电构件和

与包围至少部分柔性管的海水接触的海水电极之间；在阻抗监测器处生成电测试信号，并且以第一频率和第二频率将测试信号施加到导电构件；检测所测量的阻抗关于具有第一频率的电测试信号的变化；以及确定所检测的阻抗变化是否指示管缺陷，并且如果是这样，则通过比较以第一频率和第二频率所测量的阻抗来确定从海水电极到管缺陷之间的距离。

[0027] 根据本发明的第七方面，提供了一种管道装置，包括：管体，包括至少部分沿管体的长度延伸的导电部件；以及端部配件，耦合到管体的至少一端；海水电极；以及根据本发明的第五方面的检测装置，耦合到与管体的端部耦合的端部配件，其中阻抗监测器耦合到导电构件和海水电极。

[0028] 导电构件可以包括管体的金属结构构件。替代地，导电构件可包括延伸通过最内阻挡层与最外阻挡层之间的管体的另一适当导电的带元件（例如，金属线或线缆）。

[0029] 管道装置还可以包括：第二检测装置，该第二检测装置包括：信号发生器，耦合到一对导电构件，该导电构件对至少部分地沿管体的长度延伸并且彼此电隔离以构成电力传输线，该信号发生器被配置为生成电测试信号并且将测试信号施加在该导电构件对之间，该测试信号包括脉冲编码调制电信号；接收器，耦合到导电构件对，并且被配置为接收包括测试信号的反射的电返回信号；相关器，被配置为将测试信号与返回信号相关联并确定相关信号；以及处理器，被配置为检测相关信号的变化，并确定所检测到的变化是否指示管缺陷。

[0030] 导电构件对可包括管体的第一金属结构构件和管体的第二金属结构构件。

[0031] 根据本发明的第八方面，提供了一种形成管道装置的方法，该方法包括：提供管体，所述管体包括至少部分地沿管体的长度延伸的导电构件；提供海水电极；以及将端部配件耦合到管体的至少一端；其中，根据本发明的第五方面的检测装置耦合到与管体的端部耦合的端部配件，该方法还包括将阻抗监测器耦合到导电构件和海水电极。

## 附图说明

[0032] 下文中，将参照附图来进一步描述本发明的实施例，在附图中：

[0033] 图1示出柔性管体；

[0034] 图2示出包括柔性管体的立管组件；

[0035] 图3示出了根据本发明的第一实施例的检测装置；

[0036] 图4以图表示出了构成图3的检测装置的一部分的相关器的输出；

[0037] 图5示出了根据本发明的第二实施例的检测装置；

[0038] 图6是示出了对于三个不同的距离、电信号相对于该信号的频率的衰减的曲线图；

[0039] 图7示出了构成图5的检测装置的一部分的阻抗监测器；

[0040] 图8是示出了根据本发明的第一实施例的检测方法的流程图；

[0041] 图9是示出了根据本发明的第二实施例的检测方法的流程图。

[0042] 在附图中，相同的附图标记是指相同的部分。

## 具体实施方式

[0043] 在整个本说明书中，将涉及柔性管。应理解，柔性管是管体的一部分与一个或多个端部配件的组件，在一个或多个端部配件中的每一个中，管体的相应端部均被端接。图1示

出了管体100根据本发明的实施例如何由构成含压导管的层状材料的组合形成。虽然图1中示出了多个特定层,但应该理解,本发明广泛适用于包括由多种可能材料制造的两个或更多个层的同轴管体结构。还应注意,所示的层厚度仅仅是为了说明目的。

[0044] 如图1所示,管体包括可选的最内胎体层(car cass layer) 101。胎体提供了能够用作最内层的互锁结构以全部或部分地防止内部压力护套(sheath) 102由于管减压、外部压力、拉伸铠装压力以及机械破碎负荷而破裂。应该理解,本发明的某些实施例适用于“滑膛(smooth bore)”的操作(即,在没有胎体的情况下)以及这样的“粗膛(rough bore)”应用(在具有胎体的情况下)。

[0045] 内部压力护套102用作流体保持层,并且包括确保内部流体完整性的聚合物层。应当理解,该层本身可包括多个子层。应该认识到,当使用可选的胎体层时,本领域技术人员通常将内部压力护套称为阻挡层。在没有这样的胎体的操作(所谓的滑膛操作)中,可将内部压力护套称为衬套。

[0046] 可选的压力铠装层103是增加柔性管对内部和外部压力以及机械破碎负荷的抗性的、具有接近90°的捻角(lay angle)的结构层。该层还在结构上支撑内部压力护套,并且通常包括互锁结构。

[0047] 柔性管体还包括可选的第一可拉伸铠装层105和可选的第二可拉伸铠装层106。每个可拉伸铠装层均是具有通常在10°与55°之间的捻角的结构层。每层均用来维持拉伸负荷和内部压力。可拉伸铠装层通常成对地反绕。

[0048] 所示出的柔性管体还包括可选的带层104,其有助于包含底层并且在一定程度上防止相邻层之间的磨损。

[0049] 柔性管体通常还包括可选的绝缘层107和外护套108,该外护套108包括用于保护管免受海水和其它外部环境的渗透、腐蚀、磨损和机械损伤的聚合物层。

[0050] 每个柔性管包括连同位于柔性管的一端或两端的端部配件一起有时被称为管体100的段或节的至少一个部分。端部配件提供了构成柔性管体和连接器之间的过渡的机械器件。例如图1所示的不同管层以在柔性管和连接器之间转移负荷这样的方式端接于端部配件中。

[0051] 图2示出了适于将诸如石油和/或天然气和/或水的产液从海底位置201输送到浮动设施202的立管组件200。例如,在图2中,海底位置201包括海底流线205。柔性的流线205包括柔性管,其全部或部分留在海底204或者被埋于海底之下并用在静态应用中。浮动设施可由平台和/或浮标或船(如图2所示)提供。提供立管组件200作为柔性立管,也就是说,将船与海底装置连接的柔性管203。柔性管可以为具有连接端部配件的柔性管体的段的形式。图2还示出了如何将柔性管的各部分用作流线205或跨接线(jumper) 206。应该理解,如本领域技术人员所公知,存在不同类型的立管。本发明的实施例可与任意类型的立管一起使用,诸如自由悬挂的立管(自由悬链式立管)、一定程度受限的立管(浮标、链条)、完全限制的立管或封入管(I或J管)中的立管。

[0052] 如上所述,柔性管体的缺陷会损害管体的结构完整性。具体地,外部耐海水层(seawater resistant layer)的裂口或破裂能够使得海水进入最内阻挡层与最外耐海水层之间的管体环状空间。参照图1,外部耐海水层可包括聚合物外部护套108,并且最内阻挡层可包括内部压力护套102。管体环状空间被诸如图1的可拉伸铠装层105、106的金属结构

部件占据。这样的部件通常由钢或其他金属形成并且在存在海水时易受快速腐蚀。现在将描述本发明的实施例,其能够检测柔性管体的外部耐海水层的裂口。某些实施例还能够检测柔性管体的其他状态变化,包括破碎、弯曲和温度变化。

[0053] 图3示出了耦合到柔性管体的根据本发明的第一实施例的检测装置。检测装置被配置为检测柔性管体的改变,柔性管体的改变可表示如上所讨论的缺陷(以及特别是使得海水或其它流体进入管体环状空间的裂口)或某些形式的状态变化。检测装置可耦合到报警系统,该报警系统被配置为向柔性管的提供者提供输出信号从而警告操作者对管的潜在损害。输出信号例如可以是视觉或听觉警报。

[0054] 图3示出柔性管300,如上所讨论,其可构成立管。该管至少部分被海水包围,通过管在海的水平面302以下延伸而示意性地示出。如上所讨论,柔性管体由多个聚合物阻挡层构成,包括外部耐海水层304和示为306、308的同轴金属结构元件的至少第一层和第二层。金属结构元件(例如,图1的可拉伸铠装层105、106)被设计成满足管体的结构的纯机械特性。然而,如果至少两个金属部件(例如,图3所示的各条可拉伸铠装线或单独铠装线层)通过绝缘介质(例如,图1的带层104)彼此电隔离,则可认为那些部件包括至少部分地沿柔性管体的长度延伸的第一导电构件306和第二导电构件308。本领域的一般技术人员应该理解,导电构件306、308构成能够传送电信号的电力传输线。特别地,如果所选择的金属部件包括管体结构内的第一层和第二层,则导电元件306、308构成同轴电力传输线。

[0055] 本领域技术人员应理解,彼此绝缘并且至少部分地沿柔性管的长度延伸的一对导电构件306、308将传送施加于该管的第一端的高频电信号,就如任何电力传输线的情况一样。电耦合到两个构件的信号发生器提供电信号,以使得电信号被施加在构件306、308之间。在高频下,传输线具有与其长度、直径、构造以及导电构件之间的绝缘体的绝缘特性相关联的谐振特性,其可由阻抗和信号传播速度(通常被表示为光速 $c$ 的几分之一)表征。

[0056] 电力传输线的显著特征是除非以匹配阻抗来正确地端接端部,否则电能沿着该线反射回电源。对于柔性管,通常导电构件306、308没有电耦合在柔性管的任一端。即使在该管的海底端提供了电耦合,电耦合也不可能具有与传输线的特性阻抗相匹配的阻抗。可以在接收器处接收所反射的电能。技术人员应该理解,可将信号发生器和接收器组合为收发器的形式。电能还由于特性阻抗沿着线的长度的变化而反射。具体地,当存在特性阻抗沿着传输线的长度的变化时,产生所提供的电测试信号的部分反射。对于柔性管体的示例,如果海水由于沿着管体的中间裂口而进入管体的环状空间,则随着海水开始浸透导电构件之间的空隙或介电材料,海水将直接影响传输线在该点的阻抗。

[0057] 可以分析从引入传输线的电测试信号获得的反射以确定传输线故障。通常,在与传播到传输线的相对端并在相对端从不匹配的阻抗反射回的电测试信号相对应的已知传播延迟之后接收强反射。可以分析例如由于结构故障而从沿着传输线的阻抗变化返回的其他反射。假设已知传输线的电传播速度,可以使用反射返回的时间来确定阻抗变化处的位置。通常,所引入的电测试信号是被引入传输线的一端的非常窄的高能量脉冲。可以观察沿传输线返回的反射脉冲。脉冲返回的时间表示故障所在的沿着传输线的距离(基于传播速度以及因此基于信号行进至阻抗变化处并返回的时间)。脉冲振幅可以用来给出故障严重性的指示,并且反射的极性确定故障是否易于导致开路或短路。该技术通常被称为时域反射法(TDR)。应理解,在管体的情况下,海水进入将使得传输线倾向于短路。

[0058] 根据本发明的第一实施例,信号发生器和接收器被组合而构成收发器310,该收发器310通过线312、314耦合到管体300内的第一导电构件306和第二导电构件308。收发器310耦合到相关器316,该相关器316被配置为将所发送的电测试信号和所接收的反射电返回信号相关联。相关器316提供了相关信号,该相关信号被提供到处理器318以进行分析。收发器310、相关器316以及处理器318可被称为时域反射计(TDR)320。应理解,在本发明的替选实施例中,信号发生器(或发送器)和接收器可以是分离的。

[0059] 收发器310在导电构件306、308之间施加的电测试信号被配置为随时间变化。时变的电测试信号允许相关器316生成相关信号,该相关信号表示在与沿管体的距离直接对应的相关延迟范围与电返回信号的相关度(严格地,相关延迟对应于沿管体到引起信号反射的故障的距离的两倍)。结果,可以确定来自管体的远端以及沿管体的阻抗变化处的电测试信号的多次反射。测试信号可以是高频脉冲信号。具体地,测试信号包括脉冲编码调制信号。在本发明的特定实施例中,电测试信号包括连续的伪随机编码信号。然而,应理解,测试信号可以是不连续的,例如,伪随机突发脉冲或线性调频信号,其中,根据脉冲重复频率和占空比在短时间段内发送伪随机码。另外,测试信号可以不是伪随机的:其可以是真正随机的或者其可以是预定的信号模式(其可以是重复的)。可认为这样的测试信号是扩频测试信号。在测试信号重复的情况下,期望重复间隔比从管体的相对端反射测试信号的最大传播延迟长。收发器310可在处理器318的控制下生成电测试信号。

[0060] 应理解,由沿柔性管体延伸的导电构件构成的传输线内的阻抗变化可能是由于管体的外部耐海水层的裂口而导致的。进入管体的海水易于在裂口处电耦合导电构件,引起在裂口处传输线的特性阻抗的变化,从而导致信号反射,该信号反射可在相关信号中被标识为相关信号的峰值或其他可辨别特征。峰值可以对于来自传输线的相对端的期望反射是附加的。应该理解,这样的特性阻抗的变化还可能是由于使得产液进入管体环状空间的阻挡层的裂口而导致的。处理器318被配置为根据所检测的峰值的相关延迟来确定所检测的阻抗变化处的位置,并且根据峰值的大小来确定所改变的阻抗的幅值(指示裂口严重性)。如上所述,其他因素可能引起阻抗的变化,例如由于管体的破碎或弯曲而对导电构件的物理损害或者显著的温度变化。这样的因素会增加管体对损害(包括裂口)的敏感性,因此,期望能够检测状态变化。

[0061] 应理解,由于可以这种方式将诸如伪随机码测试信号的时变信号相关联并进行处理,因此能够检测多次反射(并因此检测多次状态变化或沿管体的缺陷)。此外,可以确定这样的状态变化的缺陷的位置,从而允许目视检查,并且如果需要,则进行维护。有利地,本发明的第一实施例允许通过对导电构件施加连续的电测试信号或者通过以规则间隔施加不连续的脉冲测试信号来连续地监测管体的状态。另外,与使用高能量脉冲相比,使用时变信号尤其有利,如用在用于同轴线缆的传统TDR中,这是因为引入管体内的峰值能量相当低,这在石化环境中本质上更安全。

[0062] 现在将描述根据本发明的一个实施例的测试信号。施加到传输线的测试信号包括一系列明显随机二进制序列、伪随机码(PRC)。PRC是二进制值序列,其被选择以使得其二进制序列在码的整个周期内不重复,并且码的长度被选择为充分长以致于在所关注周期内不重复。虽然每个位序列是明显随机的,但通过使用预加载的确定信息的计算算法来生成PRC。因此,虽然在二进制序列内信号看起来是随机的,但序列本身可以以规则的间隔重复。

通常,使用具有适当反馈的移位寄存器来生成PRS。在一个适当的实施例中,在现场可编程门阵列(FPGA)内,以嵌入码生成PRC。所接收的信号相对于所发送的信号相关。由于序列规则地重复,因此微处理器可以对来自序列自相关的结果进行比较以检查传输线的变化。1024位伪随机二进制序列可与10MHz或20MHz的最大频率一起使用。二进制序列总计最少重复216次。所得到的信号被提供给通常为 $6V_{p-p}$ 的管道结构从而进入具有 $36\Omega$ 的典型特性阻抗的传输线结构。

[0063] 本领域技术人员应理解,对伪随机电测试信号的特性的仔细选择能够影响检测装置的灵敏度,同时还影响该装置的功率要求。应理解,确定管体(其长度可以超过1km)的缺陷的位置所需的分辨率可以相对低。例如,识别在5m内的缺陷的位置是足够的,从而允许目视或手动检查以识别准确位置。50MHz至100MHz脉冲率将提供50cm量级的检测分辨率(根据在故障发生前的传输线的特性阻抗和传播速度)。

[0064] 在处理器318(替选地,被称为信号分析器)中分析从相关器316输出的相关信号。图4中示出了从相关器316输出的相关信号的示例,图4示出了作为绘出相关程度与相关样本的两维阵列的相关信号。相关样本代表所发送的电测试信号与所接收的电返回信号之间的时间延迟。假设已知传播速率,则相关样本还代表沿传输线到引起反射的阻抗变化处的距离(另外考虑电信号必须两次经过该距离而到异常)。沿传输线的距离通常等于沿管体的距离,但是这可能变化,例如在一个或两个导电构件包括螺旋围绕管体的单条可拉伸铠装线的情况下。图4绘出了相关因子(相关幅值)与同以米为单位的距离有关的相关器样本的曲线。可以看出,存在与在约280m处出现的异常相对应的显著相关峰值。处理器318可进一步被配置为在提供表示已检测到缺陷(以及可选地给出该缺陷的位置和幅度)的输出信号之前确定相关峰值是否超过预定阈值。

[0065] 在另一实施例中,替代使用管体的结构部件来形成传输线,一个或两个导电构件可替代单独的导电带元件。带元件可采用传感器线缆、导电线或任意其他适当的细长导电结构的形式。有利地,这允许本发明用在不具有金属层或结构部件的柔性管中。此外,带元件也可用在不能将两个导电结构部件电隔离的管体中。为了检测系统与管体的结构部件的机械规范绝缘的特定目的,可优化单独的导电带元件的性能。一个或多个带元件可被放置在管体的张力层或另一适当层内,其中该带与周围的结构金属线电隔离。优选地,带元件绝缘是水或其他流体所能渗透的。这可以通过如下方式来实现:使用织物或类似的可渗透绝缘物或者将隔离聚合物部分放置在带元件的任一侧,以使得夹层带将带元件与底层和覆盖层分离并将聚合物部分与相邻的结构线分离。绝缘物优选地被配置并放置成使得在外部耐海水层裂口的情况下,包围带元件的绝缘物被海水浸透。对于非金属管体,只要带元件在管环状空间彼此分隔开,就不需要绝缘物。有利地,在本发明的第一实施例中使用一个或两个分离的带元件能够减少对将管耦合到检测系统所需的对管端部配件的修改。

[0066] 传输线的最低优选工业标准是50欧姆,并且根据本发明的实施例的检测装置围绕该标准来设计,以便允许使用线缆和连接器中的标准引线来耦合到沿管延伸的导电构件以构成传输线。然而,管结构通常具有约 $35\Omega$ 以下的特性阻抗。因此,将检测装置与管匹配需要管端部配件中的阻抗匹配变压器。有利地,使用沿着管延伸的分离的带元件(诸如,传感器线缆或线)形成传输线来替代使用管的结构元件允许对传输线的特性阻抗的更好控制。在某些实施例中,对带元件的仔细选择允许管传输线具有与检测装置兼容的特性阻抗,例

如50  $\Omega$ ，从而消除了对变压器的需要。

[0067] 作为另一种选择，替代单独的导电带元件，可以对一个或多个可拉伸铠装线或层进行电镀，例如使用铜涂层，以降低铠装线的电阻。从而，可密切控制可拉伸铠装线的传输线特性，而不会影响铠装线的结构特性。另外，在传输线内的绝缘物可由能被流体所渗透的材料形成，但被配置为选择性地阻隔例如 $H_2S$ 的某些液体，其在某些实施例中可能是理想的。

[0068] 应该理解，在外部耐海水层的裂口的情况下，管体环状空间将开始充满水。对此的结果是，虽然将影响整条传输线的阻抗，但在原始裂口的点处将不再存在阻抗的急剧变化。因此，本发明的某些实施例可优选地连续监测管体以指示可能的缺陷并且记录所观察的信号反射（包括记录反射的幅度及其位置），以使得当传输线的周围部分表现为相同的且减小的阻抗时不丢失该缺陷的指示。

[0069] 现在参照图8的流程图，现在将描述根据本发明的第一实施例的检测方法。在步骤600中，将图3所示的检测装置耦合到管体内的导电构件并耦合到海水电极。在步骤602中，将如上所述的电测试信号耦合在导电构件之间。在步骤604中，接收电返回信号。在步骤606中，将测试信号和返回信号相关联以提供相关信号。在608中，对相关信号进行处理以检测可指示管体缺陷或其他状态改变的变化。在610中，确定变化的幅度（特别是相关信号的新出现的峰值的幅度）以提供缺陷严重性或管体状态变化的指示。在612，可确定所检测到的异常的位置。应理解，实际上，图8的方法不是线性处理，并且在某些实施例中，可将测试信号连续地或基本上连续地施加到导电构件。结果，可连续地接收返回信号并且可连续地生成并处理相关信号。

[0070] 图5示出了根据本发明的第二实施例的检测装置。关于本发明的第一实施例，检测装置被配置为检测柔性管体的变化，该变化可指示任一个缺陷（以及特别地使得海水或其他流体进入管体环状空间的裂口）。检测装置可耦合到报警系统，该报警系统被配置为将输出信号提供给柔性管的操作者，以警告操作者对管的潜在损害。输出信号可例如是视觉或听觉警报。

[0071] 本发明的第二实施例的某些方面与本发明的第一实施例的各方面相似或相同，因此，将不重复对其的描述。特别地，可耦合到检测装置的柔性管体的结构可以相同。如下所述，图5所示的检测装置必须仅耦合到至少部分地沿管体的长度延伸的单个导电构件。导电构件可包括诸如单条可拉伸铠装线或可拉伸铠装线层的金属结构部件、或者如上所述的单独带元件。

[0072] 柔性管体的外部耐海水层可由具有已知的固有电绝缘性能的聚合物材料制造而成。海水具有已知的导电性能，但这可能随着地点不同而变化，例如由于海水盐度的变化，因此，本发明的第二实施例在用来适应于本地条件之前需要校准。在柔性管的外部耐海水层中为孔的形式的物理裂口使得海水与管体的钢内部结构之间的导电路径变得可能。根据本发明的第二实施例，在围绕柔性管的海水与管体的内部金属结构之间进行的电阻抗测量提供了指示裂口的存在的手段。具体地，在所测量的阻抗下降时，可以推断，裂口已经出现并且海水与管体的内部金属结构相接触。

[0073] 参照图5，这示出了柔性管体400，其如上所讨论那样可包括立管。管体至少部分地被海水所包围，通过管体在海的水平面402之下延伸来示意性地示出。如上所讨论的，这样

的柔性管体由多个聚合物阻挡层构成,包括外部耐海水层404和至少一层金属结构元件406,例如图1的可拉伸铠装层105、106。海水电极408与接近管体400的海水接触。阻抗监测器410耦合到海水电极408和管体400的金属结构部件406或管体内的单独带元件。阻抗监测器410提供了海水电极408与管体400之间的阻抗的测量。阻抗测量被提供到处理器412,该处理器412被配置为检测阻抗下降,例如从约 $1\text{M}\Omega$  (约等于聚合物阻挡层的阻抗)到约 $5\Omega$  (海水的近似阻抗)。在一个实施例中,阻抗监测器412被配置为测量在 $0\text{--}10\text{k}\Omega$ 的范围内的阻抗。大于 $10\text{k}\Omega$ 的阻抗由于测量系统在该值处饱和而被登记为最大值 $10\text{k}\Omega$ 。有利地,这准确地记录了不存在聚合物阻挡层,同时在较低的阻抗值处允许更大的测量分辨率。如果在管体的结构与海水电极之间存在任意海水导电路径,则所测量的阻抗远远小于 $10\text{k}\Omega$ 。处理器412还被配置为确定该阻抗下降是否指示管体的外部耐海水层的裂口,例如通过确定阻抗下降的幅度是否超过预定阈值。如以上结合图3的处理器318所述的那样,处理器412被配置为提供适当的输出信号。

[0074] 不同于金属的主导电子流传导,海水的电传导取决于离子迁移率,并且这导致所观察的导电率关于所施加的测量激励的频率而显著变化。这在图6中示意性地示出,图6示出了在各个低频下以及在相隔 $10\text{m}$ 、 $100\text{m}$ 以及 $1\text{Km}$ 的电极之间所施加的交流信号的相对衰减。本发明的第二实施例通过施加阻抗监测器410的频率敏捷激励、比较在各个频率下获得的结果并且根据该信息确定裂口的近似位置来利用图6的衰减数据。在某些实施例中,阻抗监测器的激励频率在 $10\text{Hz}$ 至 $1\text{kHz}$ 的范围内。在其他实施例中,阻抗监测器的最大激励频率可以是 $100\text{kHz}$ 。技术人员应该理解,图5的检测系统还可以使用DC测试信号来进行操作以通过所检测的到海水电极的海水传导确定是否存在管缺陷。然而,应该理解,这将不允许对缺陷位置的检测。此外,将存在由于与管阴极保护系统(下面讨论)的干扰、电化学偏移和极化而要克服的其他复杂性。

[0075] 图7中更详细地示出了阻抗监测器。第一电极500耦合到地,并且第二电极502耦合在Howland电流源504与同步解调器506之间。应该理解,第一电极可以是海水电极408,并且第二电极可以在管体内。具体地,海水电极可以是支援船或钻探平台的金属件(即,“地”)。阻抗监测器可以电压或电流源模式进行操作。在图7中,由于Howland电流源504提供了更好的线性响应,因此使用了Howland电流源504。Howland电流源504被示为连接至第二电极。响应于同步滤波器508提供的输入信号,Howland电流源504将电流提供到管体。电流可以是AC电流。在一个实施例中,优选地,该信号可以是正弦波形AC电流。可以使用其他波形,例如方形波,然而,正弦波形是优选的,因为那样不存在谐波,其会干扰频率依赖范围测量系统的操作。即,所施加的电测试信号可以是AC。在其他实施例中,可使用电压源。在来自控制器510的脉冲控制信号的控制下,同步滤波器508提供信号,控制器510另外将相同的控制信号提供到同步解调器506。同步解调器506被配置为分析在每个频率下管体与海水的绝缘边界上所生成的电压。同步解调器506将输出信号提供到控制器510,该输出信号表示第二电极502相对于地的电压。在聚合物阻挡层裂口的情况下,第二电极502的电压依赖于所施加的电流和由电阻器符号512表示的电极500、502之间的海水阻抗。控制器510被配置为通过对所提供的电流和所测量出的电压进行比较来生成表示电极500、502之间的阻抗的输出信号。输出信号被提供到处理器412,该处理器412被配置为确定是否检测到裂口。

[0076] 在通过阻抗的阶跃变化来检测裂口(在图5中以414示意性地示出)时,处理器412

被配置为指示阻抗监测器以激励频率的范围(例如,10Hz、30Hz、100Hz、300Hz和1kHz)执行阻抗测量,这通过交叉参考图6的曲线图(或者通过参考处理器412内的查找表)来允许估计要确定的裂口的位置。该计算的准确性依赖于多个因素,包括裂口的大小、海水的盐度和温度、管体的姿态(例如,垂直-水平)以及钢内部结构的导电率。

[0077] 现在参照图9的流程图,现在将描述根据本发明的第二实施例的检测方法。在步骤700中,将图3所示的检测装置耦合到管体内的导电构件并且耦合到海水电极。在步骤702中,以第一频率测量电极之间的阻抗。在步骤704中,确定是否已根据所检测到的任意阻抗下降的幅度检测到裂口。在步骤706中,如果检测到裂口,则以一定频率范围测量阻抗。在步骤708中,使用频率和阻抗数据来确定裂口的位置。另一方面,如果在步骤704中确定没有检测到裂口,则处理返回到步骤702。

[0078] 有利地,如果使用AC电流,则上述本发明的实施例不干扰耦合到管体的有效的阴极保护系统。当被施加到导电构件或管体内的分离的带元件时,AC信号对DC阴极保护系统没有影响。

[0079] 采用上述配置,能够以及时的方式检测包括管体的外部耐海水层的裂口的缺陷以及柔性管体的其他状态变化,从而允许进一步的检查,并且如果需要维护,则进行维护。

[0080] 本领域技术人员显而易见的是,关于上述任何实施例所述的特征能够互换地应用在不同的实施例之间。上述实施例是说明本发明的各种特征的示例。进一步显而易见的是,可组合使用结合图3和图5描述的检测装置和方法。例如,图5的检测装置可在实现图3的检测装置之前用于检测外部耐海水阻挡层的裂口,以确定裂口的位置(从而最小化对图3的更多数据密集型系统的使用)。替选地,图3的检测装置可在实现图5的检测装置之前用于检测外部耐海水阻挡层的裂口以确定裂口的位置。作为另一替选,两个装置可以同时使用或交替使用,以在任一个装置发生故障的情况下提供冗余和正确地检测并且定位海水裂口的更大置信度。在两个监测装置应用到单个柔性管的情况下,对于每个装置,导电部件可以是分离的或者它们可重叠。

[0081] 通过上述描述可知,本发明的实施例公开了但不限于如下方案:

[0082] 方案1.一种检测装置,其被配置为检测柔性管内的缺陷,所述检测装置包括:

[0083] 信号发生器,被配置为耦合到第一和第二导电构件,所述第一和第二导电构件至少部分沿柔性管的长度延伸并且彼此电隔离以构成电力传输线,所述信号发生器被配置为生成电测试信号并在所述第一和第二导电构件之间施加所述测试信号,所述测试信号包括脉冲编码调制电信号;

[0084] 接收器,被配置为耦合到所述第一和第二导电构件,并且接收包括所述测试信号的反射的电返回信号;

[0085] 相关器,被配置为将所述测试信号与所述返回信号相关联并确定相关信号;以及

[0086] 处理器,被配置为检测所述相关信号的变化,并且确定所检测到的变化是否指示管缺陷。

[0087] 方案2.根据方案1所述的检测装置,其中所述信号发生器被配置为生成包括随机或伪随机脉冲序列的测试信号。

[0088] 方案3.根据方案1或2所述的检测装置,其中所述信号发生器被配置为生成包括连续的脉冲编码调制电信号的测试信号。

[0089] 方案4.根据方案1或2所述的检测装置,其中所述信号发生器被配置为生成包括脉冲编码调制电信号的突发脉冲的测试信号。

[0090] 方案5.根据前述方案中的任一个所述的检测装置,其中所述处理器被配置为检测所述相关信号的特征,并且根据对应于所述特征的相关延迟以及所述电力传输线的预定传播速度来确定沿所述柔性管的对应空间位置。

[0091] 方案6.根据方案5所述的检测装置,其中所述处理器还被配置为确定所述相关信号的特征的幅度,并且确定所述电力传输线的特性阻抗的局部变化的对应幅度。

[0092] 方案7.根据前述方案中的任一个所述的检测装置,其中所述处理器被配置为生成输出信号,所述输出信号表示已检测到指示管缺陷或柔性管的状态变化的相关信号变化。

[0093] 方案8.根据方案7或5所述的检测装置,其中所述处理器还被配置为生成输出信号,所述输出信号表示对于所述电力传输线的特性阻抗的局部变化的沿所述柔性管的对应空间位置。

[0094] 方案9.一种检测柔性管内的缺陷的方法,所述方法包括:

[0095] 将信号发生器耦合到第一和第二导电构件,所述第一和第二导电构件至少部分地沿柔性管的长度延伸并且彼此电隔离以构成电力传输线;

[0096] 在所述信号发生器处生成包括脉冲编码调制电信号的电测试信号;

[0097] 在所述第一和所述第二导电构件之间施加所述测试信号;

[0098] 将接收器耦合到所述第一和第二导电构件;

[0099] 接收包括所述测试信号的反射的电返回信号;

[0100] 将所述测试信号与所述返回信号相关联以确定相关信号;

[0101] 检测所述相关信号的变化;以及

[0102] 确定所检测到的变化是否指示管缺陷。

[0103] 方案10.一种管道装置,包括:

[0104] 管体,包括第一和第二导电构件,所述第一和第二导电构件至少部分地沿所述管体的长度延伸并且彼此电隔离以构成电力传输线;

[0105] 端部配件,耦合到所述管体的至少一端;以及

[0106] 根据方案1-8中的任一项所述的检测装置,耦合到与所述管体的端部耦合的端部配件,其中所述信号发生器耦合到所述第一和第二导电构件。

[0107] 方案11.根据方案10所述的管道装置,其中至少一个导电构件包括所述管体的金属结构构件。

[0108] 方案12.根据方案10或11所述的管道装置,其中至少一个导电构件包括沿最内阻挡层和最外阻挡层之间的管体延伸的带元件。

[0109] 方案13.根据方案10-12中的任一项所述的管道装置,还包括第二检测装置,所述第二检测装置包括:

[0110] 阻抗监测器,耦合到至少部分地沿所述管体的长度延伸的导电构件和与围绕至少部分所述管体的海水接触的海水电极,并且被配置为响应于施加到所述导电构件的电测试信号来以第一频率和第二频率测量所述导电构件与所述海水电极之间的阻抗;以及

[0111] 处理器,被配置为检测所测量的阻抗关于具有第一频率的电测试信号的变化,并且如果检测到所测量的阻抗的变化,则确定所述变化是否指示管缺陷,如果是这样,则通过

比较以所述第一频率和所述第二频率所测量的阻抗来确定从所述海水电极到管缺陷的距离。

[0112] 方案14.根据从属于方案11的方案13所述的管道装置,其中构成所述传输线的所述第一和第二导电构件包括所述管体的第一和第二金属结构构件,并且耦合到所述阻抗监控器的导电构件包括所述第一和第二金属结构构件中的一个。

[0113] 方案15.一种形成管道装置的方法,所述方法包括:

[0114] 提供包括第一和第二导电构件的管体,所述第一和第二导电构件至少部分地沿所述管体的长度延伸并且彼此电隔离以构成电力传输线;以及

[0115] 将端部配件耦合到所述管体的至少一端;

[0116] 其中根据方案1-8中的任一项所述的检测装置耦合到与所述管体的端部耦合的端部配件,所述方法还包括将所述信号发生器耦合到所述第一和第二导电构件。

[0117] 方案16.一种检测装置,其被配置为检测至少部分地被海水包围的柔性管内的缺陷,所述检测装置包括:

[0118] 阻抗监测器,被配置为响应于施加到所述导电构件的电测试信号,以第一频率和第二频率测量至少部分地沿柔性管的长度延伸的导电构件和与包围至少部分所述柔性管的海水接触的海水电极之间的阻抗;以及

[0119] 处理器,被配置为检测所测量的阻抗关于具有第一频率的电测试信号的变化,并且如果检测到所测量的阻抗的变化,则确定所述变化是否指示管缺陷,如果是这样,则通过比较以所述第一频率和所述第二频率所测量的阻抗来确定从所述海水电极到管缺陷的距离。

[0120] 方案17.根据方案16所述的检测装置,其中所述阻抗监测器被配置为以10Hz和100kHz之间的多个频率将电测试信号施加到所述导电构件。

[0121] 方案18.根据方案16或17所述的检测装置,其中所述阻抗监测器包括:电流源,被配置为将电测试信号提供给所述导电构件;电压计,被配置为确定在所述导电元件相对于所述海水电极所生成的电压。

[0122] 方案19.根据方案18所述的检测装置,其中所述电压计是同步解调器,并且所述阻抗监测器还包括控制器,所述控制器被配置为将频率控制信号提供到所述电流源和所述同步解调器。

[0123] 方案20.一种检测至少部分被海水包围的柔性管内的缺陷的方法,所述方法包括:

[0124] 将阻抗监测器耦合在至少部分地沿柔性管的长度延伸的导电构件和与包围至少部分所述柔性管的海水接触的海水电极之间;

[0125] 在阻抗监测器处生成电测试信号,并且以第一频率和第二频率将所述测试信号施加到所述导电构件;

[0126] 检测所测量的阻抗关于具有第一频率的电测试信号的变化;以及

[0127] 确定所检测的阻抗变化是否指示管缺陷,并且如果是这样,则通过比较以所述第一频率和所述第二频率所测量的阻抗来确定从所述海水电极到管缺陷的距离。

[0128] 方案21.一种管道装置,包括:

[0129] 管体,包括至少部分地沿所述管体的长度延伸的导电构件;

[0130] 端部配件,耦合到所述管体的至少一端;

[0131] 海水电极;以及

[0132] 根据方案16-19中的任一项所述的检测装置,耦合到与所述管体的端部耦合的端部配件,其中所述阻抗监测器耦合到所述第一导电构件和所述海水电极。

[0133] 方案22.根据方案21所述的管道装置,其中所述导电构件包括所述管体的金属结构构件。

[0134] 方案23.根据方案21所述的管道装置,其中所述导电构件包括延伸通过最内阻挡层与最外阻挡层之间的所述管体的带元件。

[0135] 方案24.根据方案21-23中的任一项所述的管道装置,还包括第二检测装置,所述第二检测装置包括:

[0136] 信号发生器,耦合到一对导电构件,所述导电构件对至少部分地沿所述管体的长度延伸并且彼此电隔离以构成电力传输线,所述信号发生器被配置为生成电测试信号并且将所述测试信号施加到所述导电构件对之间,所述测试信号包括脉冲编码调制电信号;

[0137] 接收器,耦合到所述导电构件对,并且被配置为接收包括所述测试信号的反射的电返回信号;

[0138] 相关器,被配置为将所述测试信号与所述返回信号相关联,并确定相关信号;以及

[0139] 处理器,被配置为检测所述相关信号的变化,并确定所检测到的变化是否指示管缺陷。

[0140] 方案25.根据从属于方案22的方案24所述的管道装置,其中所述导电构件对包括所述管体的第一金属结构构件和所述管体的第二金属结构构件。

[0141] 方案26.一种形成管道装置的方法,所述方法包括:

[0142] 提供管体,所述管体包括至少部分地沿所述管体的长度延伸的导电构件;

[0143] 提供海水电极;以及

[0144] 将端部配件耦合到所述管体的至少一端;

[0145] 其中根据方案16-19中的任一项所述的检测装置耦合到与所述管体的端部耦合的端部配件,所述方法还包括将所述阻抗监测器耦合到所述导电构件和所述海水电极。

[0146] 在本说明书的整个描述和权利要求书中,词“包括”和“包含”以及其变型是指“包括但不限于”,并且其不旨在(而且没有)排除其他组成部分、添加剂、部件、整数或步骤。在本说明书的整个描述和权利要求书中,除非上下文另有所指,否则单数涵盖复数。具体地,在使用不定冠词的情况下,除非上下文另有所指,否则说明书可被理解为考虑了复数性以及单一性。

[0147] 应理解,结合本发明的特定方面、实施例或示例所描述的特征、整数、特性、化合物、化学组成部分或基团可应用于本文中所述的任意其他方面、实施例或示例,除非与其不兼容。在本说明书中所公开的所有特征(包括任何所附的权利要求、摘要和附图)和/或这样公开的任何方法或处理的所有步骤可以任何组合来结合,除了这样的特征和/或步骤中的至少部分相互排斥的组合外。本发明不限于任何前述实施例的细节。本发明扩展至在本说明书(包括任何所附的权利要求、摘要和附图)中公开的特征中的任意一个新颖特征或任意新颖组合、或者这样公开的任何方法或处理的步骤的任意一个新颖步骤或任意新颖组合。

[0148] 读者的注意力被导向在与结合本申请的本说明书同时或在本说明书之前提交且与本说明书一起对公众开放的所有文件和文档,并且所有这样的文件和文档的内容都通过

引用合并于此。

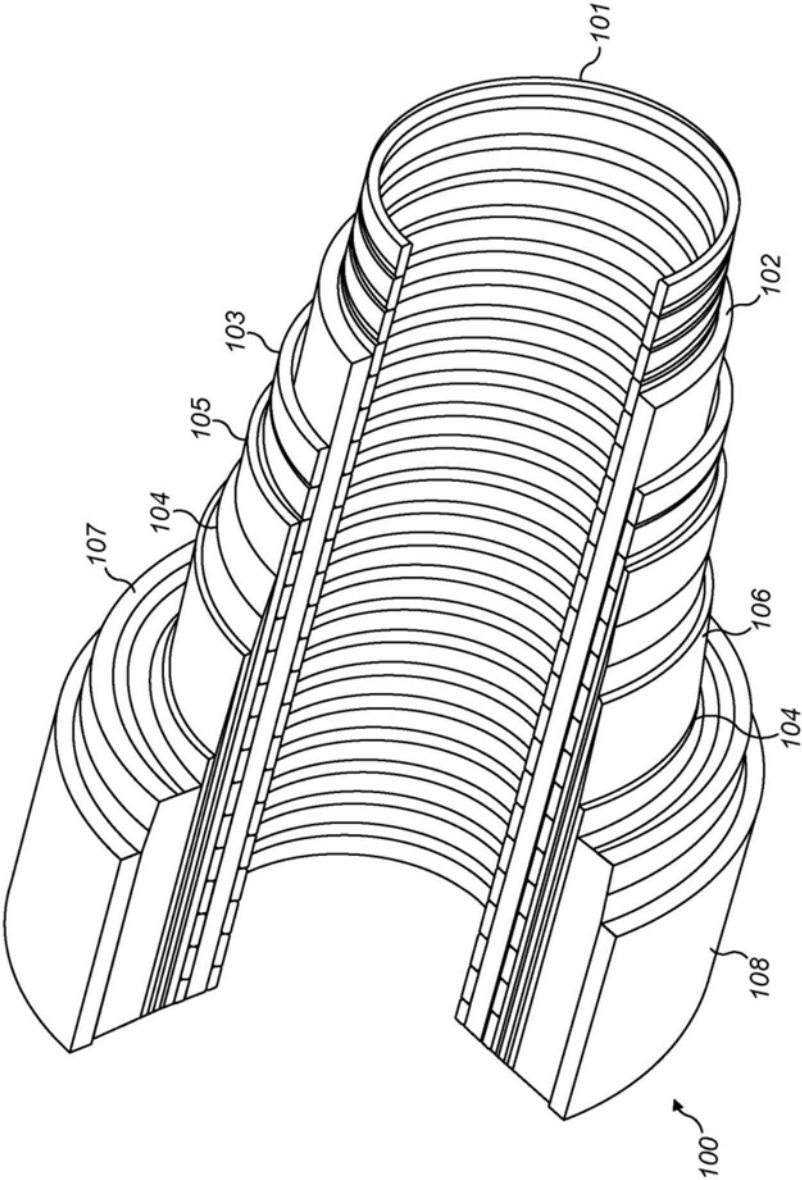


图1

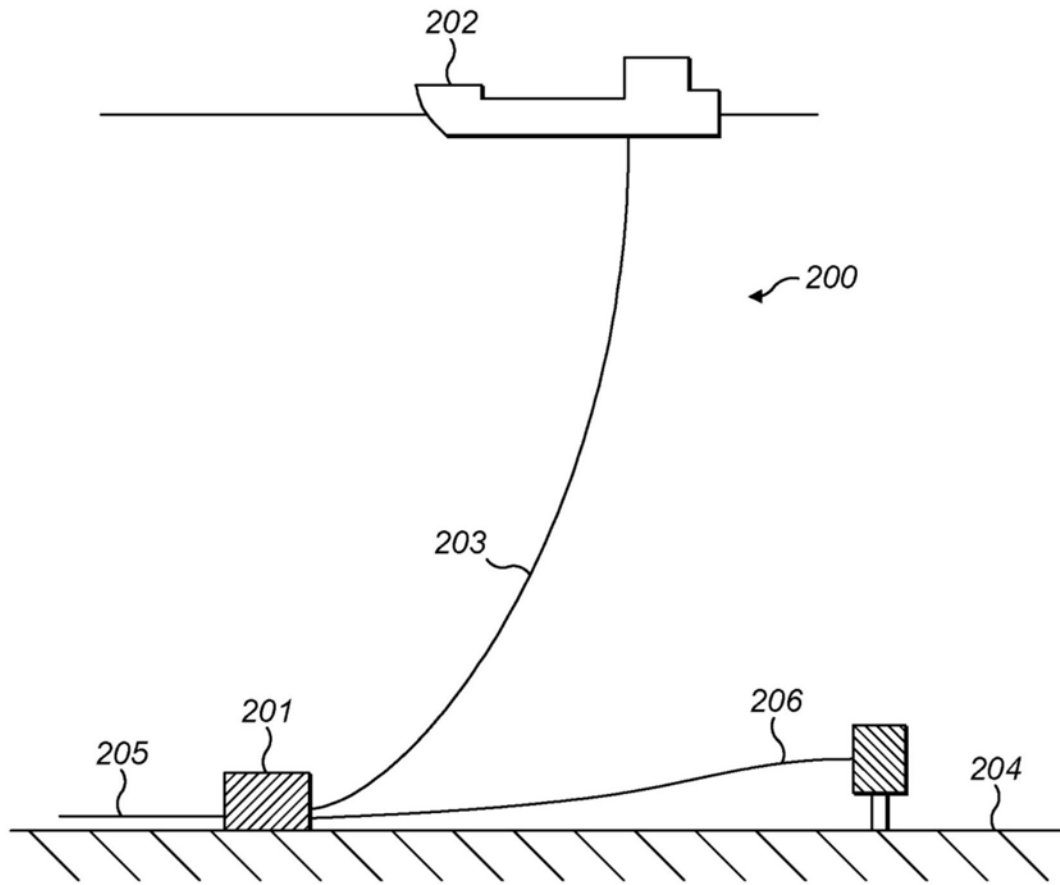


图2

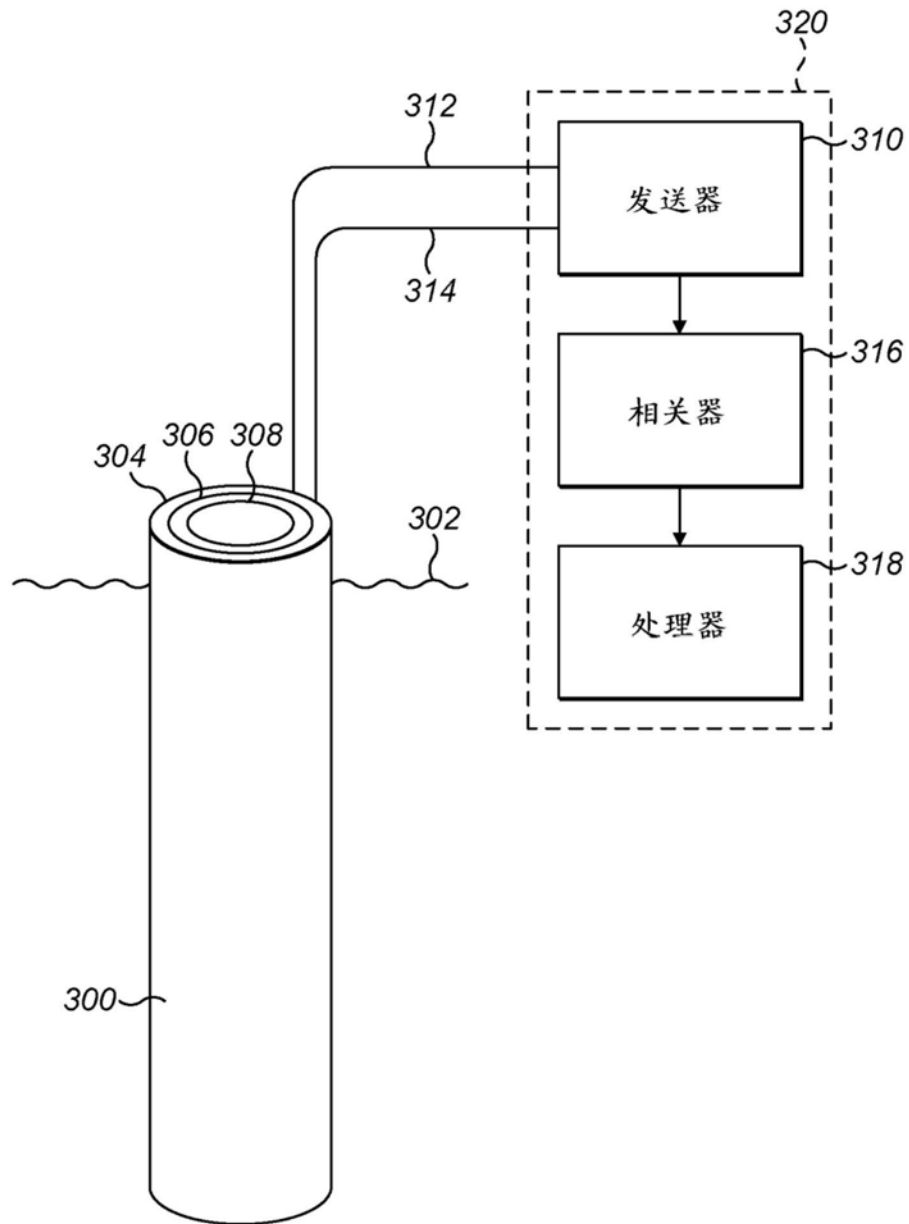


图3

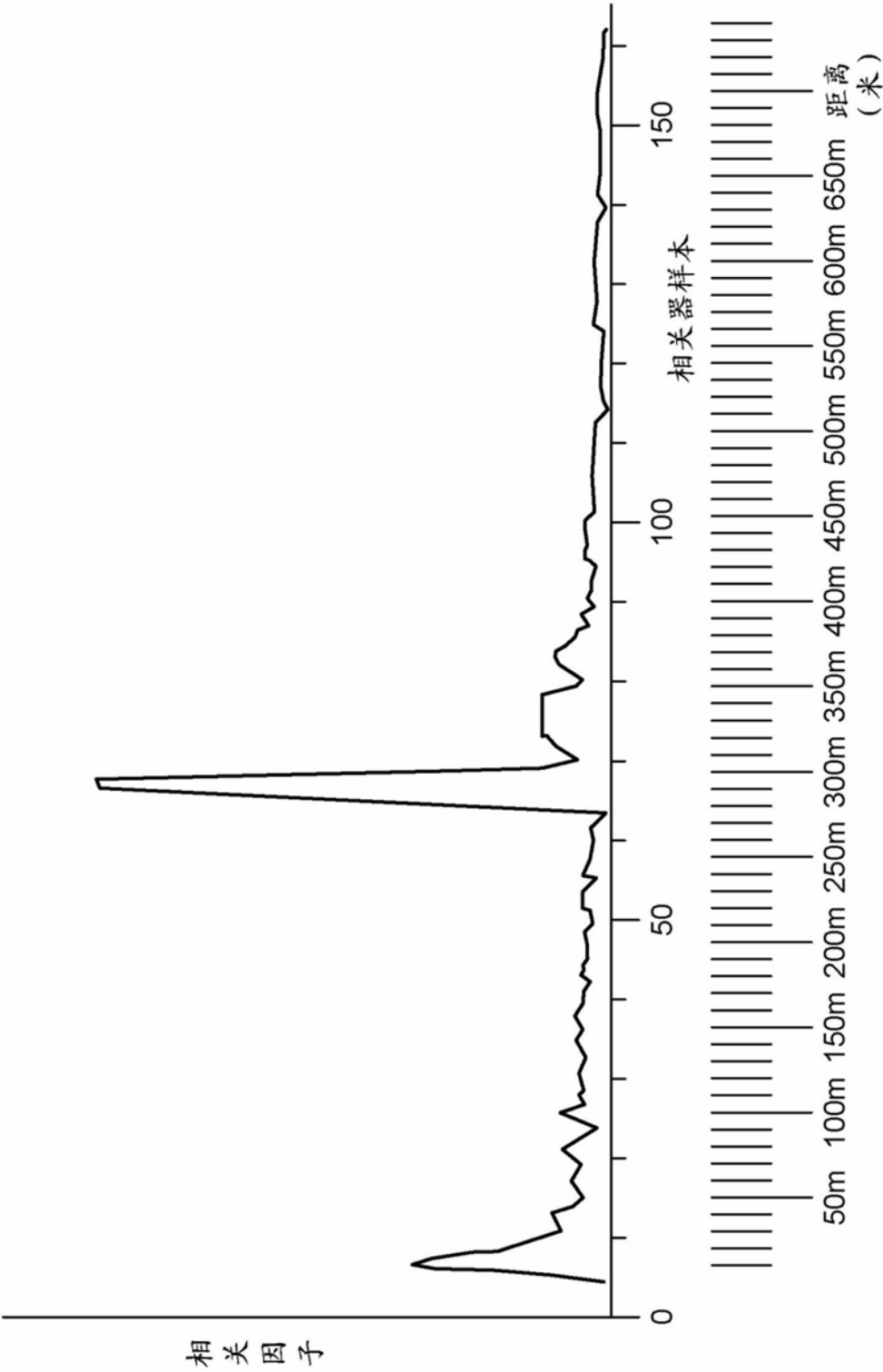


图4

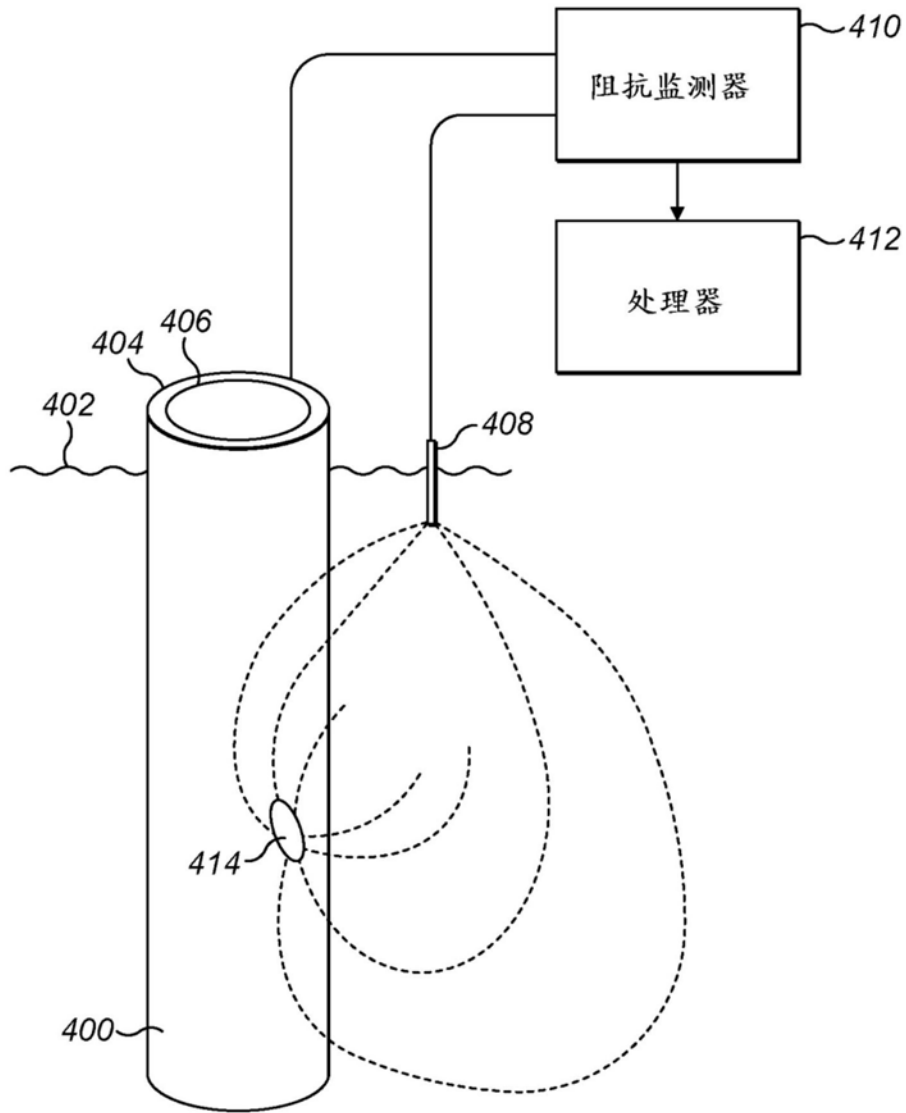


图5

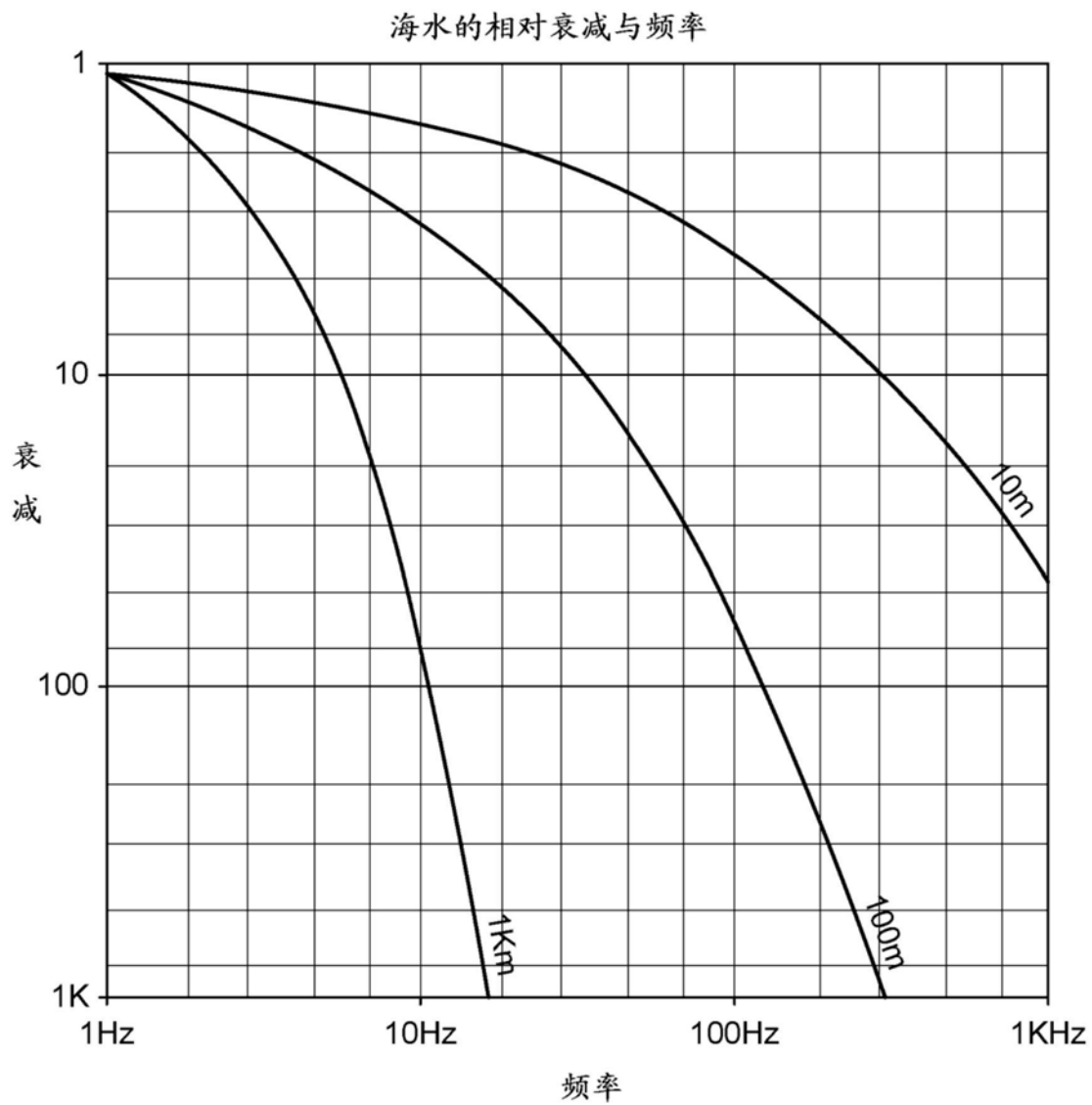


图6

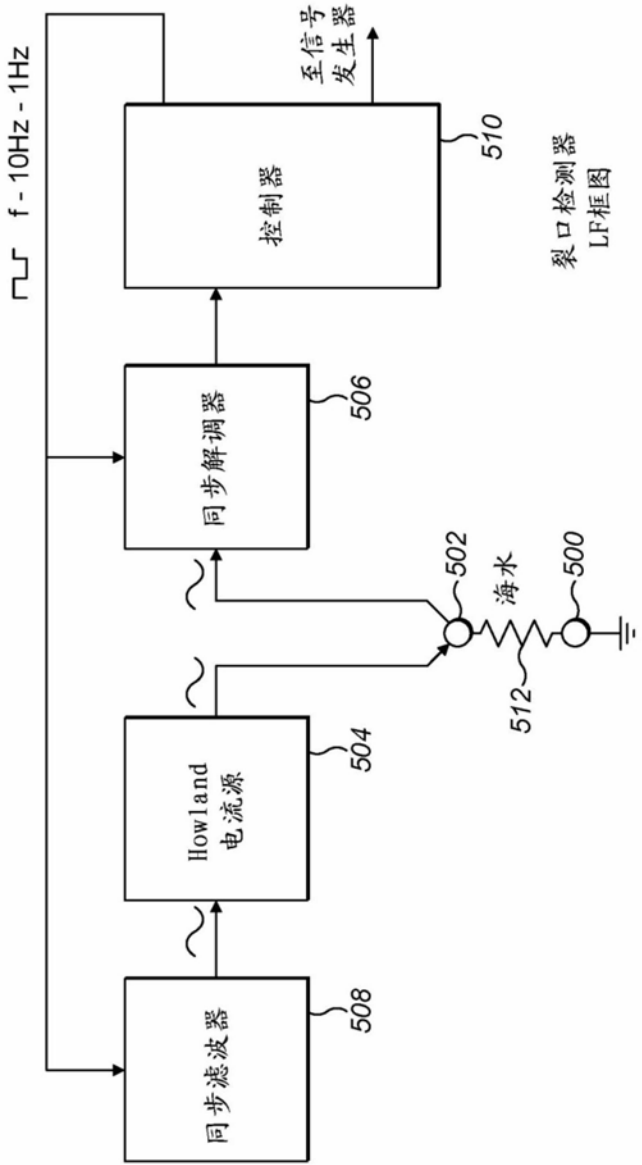


图7

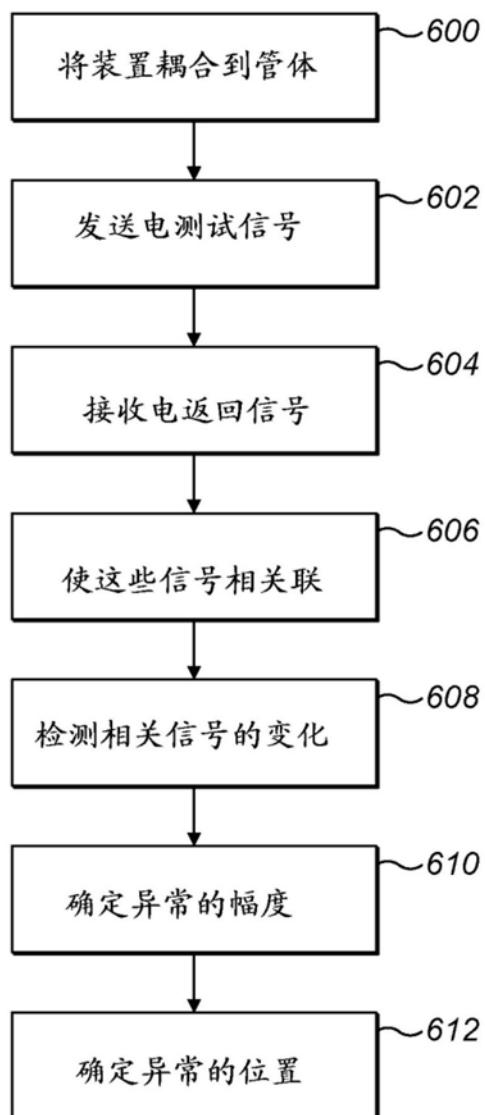


图8

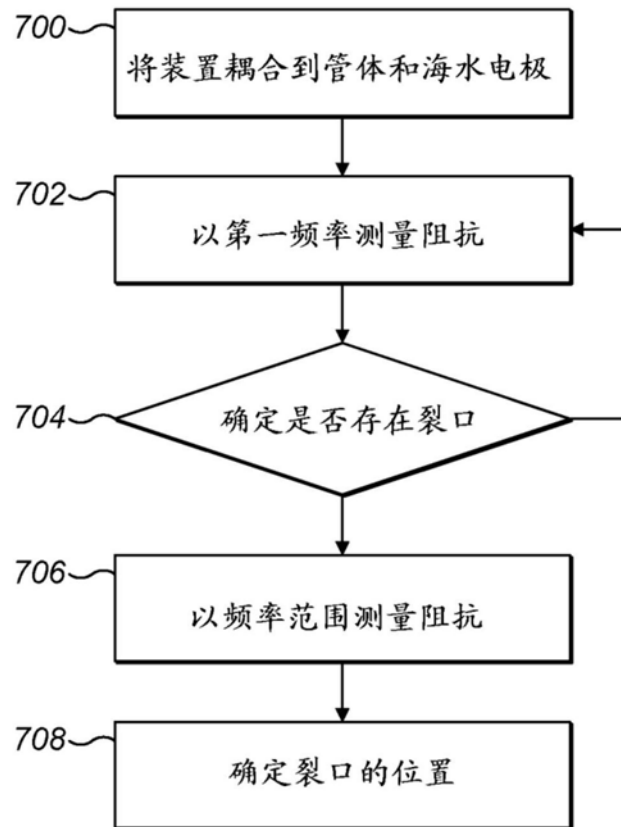


图9