



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112840102 A

(43) 申请公布日 2021.05.25

(21) 申请号 201980059754.5

(22) 申请日 2019.07.10

(30) 优先权数据

BR102018014298-4 2018.07.13 BR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.03.12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/BR2019/050265 2019.07.10

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/010425 PT 2020.01.16

(71) 申请人 巴西石油公司

地址 巴西里约热内卢

(72) 发明人 V·米兰达塞萨尔

S·安德拉德佩索阿 J·克尔纳

I·汉博托费雷拉多斯桑托斯

E·瓦尔达罗

B·丰塞卡雷斯德苏扎

A·库尔蒂萨阿德

A·戈梅斯瓦兰特

A·卡莱德奥利韦拉

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 石宏宇 王玮

(51) Int.Cl.

E21B 47/001 (2006.01)

E21B 44/00 (2006.01)

E21B 43/013 (2006.01)

E21B 17/01 (2006.01)

E21B 17/02 (2006.01)

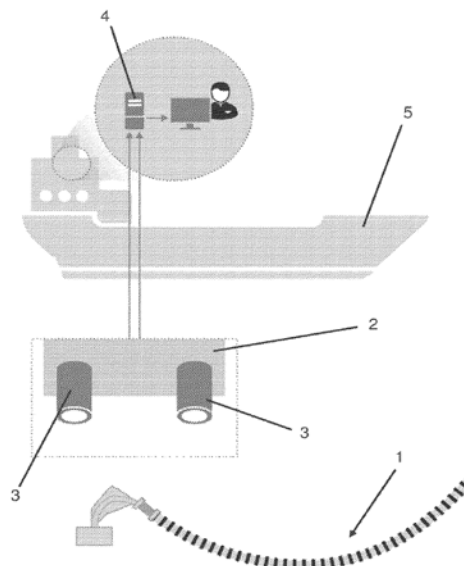
权利要求书3页 说明书10页 附图8页

(54) 发明名称

用于在直接竖直连接操作期间支持海底安装的操作以用于柔性管的3D重建的系统和方法

(57) 摘要

本发明涉及用于在直接竖直连接操作期间支持海底安装的操作以用于柔性管(1)的3D重建的系统和方法,该方法包括以下步骤:利用特定规则图案喷涂柔性管(1),以及执行在柔性管(1)上采样的点的3D重建以便获得柔性管(1)的曲率半径,其中3D重建包括以下步骤:在直接竖直连接操作期间捕获柔性管(1)的图像;将捕获的图像发送至专用计算机(4);以及处理捕获的图像,从而生成关于曲率半径的信息,并且其中该方法最初包括以下步骤中的至少一个:利用特定规则图案喷涂弯曲限制器(6);利用特定规则图案喷涂用于浮标(7)的带(71);以及在第二端部直接竖直连接的情况下,喷涂用于弧形弯曲部的带(71)。



1. 用于在直接竖直连接操作期间支持海底设施的操作以用于柔性管(1)的3D重建的方法,所述方法包括以下步骤:利用特定规则图案喷涂所述柔性管(1)和所述操作的其它设备,以及执行在所述管(1)上采样的3D点的3D重建,以获得沿着所述柔性管(1)的曲率半径 RC ,所述方法的特征在于所述喷涂包括以下步骤:

- 利用特定规则图案喷涂所述柔性管;
- 利用与所述柔性管的图案兼容的图案喷涂弯曲限制器(6);
- 利用特定规则图案喷涂用于浮标(7)的带(71);以及
- 在第二端部DVC操作的情况下,喷涂弧形弯曲部的起重带(91)和(92);并且

所述3D重建包括以下步骤:

- 在所述直接竖直连接操作期间捕获所述柔性管(1)的图像;
- 将捕获的所述图像发送至专用计算机(4);以及
- 处理捕获的所述图像,从而生成关于所述曲率半径的信息。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述特定规则图案包括白色和黑色区域的交错且规则的序列,并且其中标记使用哑光涂料进行,并且白色区域的长度等于所述管(1)的外径(d),并且黑色区域的长度等于所述管(1)的外径的一半($d/2$)。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述弯曲限制器(6)上的标记包括:内部环(61)喷涂成白色;外部环(62)喷涂成黑色;并且适配件喷涂成白色,其中所述外部环(62)利用黑色胶带包裹,以便隐藏阳极。

4. 根据权利要求2和权利要求3所述的方法,其特征在于,用于所述浮标(7)的带(71)利用呈黑色和白色的哑光胶带标记,其中第一浮标(7)的所述带(71)的标记包括最靠近所述管(1)的所述带(71)的区段利用黑色胶带标记,并且其余部分利用白色胶带标记,并且在其它浮标(7)上,所述带(71)利用黑色胶带标记;

- 其中适当地标记在所述管(1)或所述弯曲限制器(6)的给定区域上卷起的所述带(71)的部分,以便不损害在所述管上的所述白色标记的识别,如先前描述的;并且

通过利用黑色哑光胶带标记起重带(91)和(92),

- 其中应当适当地标记在所述管(1)的给定区域上卷起的所述起重带(91)和(92)的部分,以便不损害在所述管上的所述白色标记的识别,如上文描述的。

5. 根据权利要求1至权利要求4中的任一项所述的方法,其特征在于,所述方法包括将以下参数中的至少一个提供至所述专用计算机(4)的步骤:DVC的类型;水位的值;PLSV-VCM距离;PLSV-起重件距离;第一起重带(91)的长度;第二起重带(92)的长度;所述第一起重带(91)的位置(910);所述第二起重带(91)的位置(920);以及在所述图像中的联接的侧部。

6. 根据权利要求1至权利要求5中的任一项所述的方法,其特征在于,所述方法包括将以下参数中的至少一个从所述管(1)提供至所述专用计算机(4)的步骤:所述管(1)可在操作期间达到的最小曲率半径(MBR)的值;挠曲刚度的值;所述管(1)上的轴向刚度(EA)的值;以及在浸没在海水中时所述管(1)的线性净重的值。

7. 根据权利要求1至权利要求6中的任一项所述的方法,其特征在于,所述方法包括将关于所述弯曲限制器(6)的以下参数中的至少一个提供至所述专用计算机(4)的步骤:所述管(1)是否安装有弯曲限制器(6);所述弯曲限制器(6)的锁定半径(MBR)的值;安装在所述管(1)上的所述弯曲限制器(6)的最大长度;以及在浸没在海水中时所述弯曲限制器(6)的

净重。

8. 根据权利要求1至权利要求7中的任一项所述的方法,其特征在于,所述方法包括将以下参数中的至少一个从适配器提供至所述专用计算机(4)的步骤:是否使用适配器来将所述管(1)连接到VCM;和所述适配器的长度;在浸没在海水中时所述适配器的净重。

9. 根据权利要求1至权利要求8中的任一项所述的方法,其特征在于,所述方法包括将以下参数中的至少一个从连接器提供至所述专用计算机(4)的步骤:所述连接器的长度;以及在浸没在海水中时所述连接器的净重。

10. 根据权利要求1至权利要求9中的任一项所述的方法,其特征在于,所述方法包括将以下参数中的至少一个从VCM提供至所述专用计算机(4)的步骤:鹅颈管与所述VCM的竖直轴线形成的最小角度;从所述VCM的凸缘(9)至海床的竖直距离;从吊环螺栓至所述凸缘(9)的竖直距离;从所述吊环螺栓至所述凸缘(9)的水平距离;从所述凸缘(9)至重心的竖直距离;从所述凸缘(9)至所述重心的水平距离;从所述凸缘(9)至所述VCM的基部的竖直距离;从所述凸缘(9)至所述VCM上的毂的中心的水平距离;以及在浸没在海水中时所述VCM的重量。

11. 根据权利要求1至权利要求10中的任一项所述的方法,其特征在于,所述方法包括将以下参数中的至少一个从所述浮标(7)提供至所述专用计算机(4)的步骤:在VCM的凸缘(9)与所述浮标所附接的点之间的距离;以及所述浮标的净推力。

12. 根据权利要求1至权利要求11中的任一项所述的方法,其特征在于,所述方法包括用于在DVC操作中校准相机以从视频相机(3)获得内在和外参数的步骤,其中校准程序由以下步骤组成:从包括先前已知图像的校准图案中捕获图像。

13. 一种用于在直接竖直连接操作期间支持海底设施的操作以用于柔性管(1)的3D重建的系统,所述系统包括利用特定规则图案喷涂的柔性管(1),以及用于执行物理模拟以获得所述柔性管(1)的曲率半径的器件,其中所述系统包括:

- 用于在所述直接竖直连接操作期间从所述柔性管(1)捕获图像的器件;
 - 用于将捕获的所述图像发送至专用计算机(4)的器件;以及
 - 用于处理捕获的所述图像从而生成来自所述曲率半径的信息的器件,
- 安装过程,特征在于包括下者中的至少一个:
- 利用特定规则图案喷涂的弯曲限制器(6);
 - 利用特定规则图案喷涂的用于浮标(7)的带(71);以及
 - 在第二端部DVC操作的情况下,利用特定规则图案喷涂的用于弧形弯曲部的起重带(91)和(92)。

14. 根据权利要求13所述的系统,其特征在于,所述系统包括两个视频相机(3)以捕获所述管(1)的图像,其中所述相机(3)在低照度环境中具有高分辨率,并且对海底环境有抵抗力,

- 其中所述相机(3)包括为至少 1.3×10^{-3} Lux的光敏度;并且在水中的视场为 80° 的最小值;
- 其中所述相机(3)之间的距离(DBC)为1米的最小值以及1.5米的最大值;
- 其中所述相机(3)定位在彼此旁边,并且相对于ROV(2)的基部以相同的高度定位,并且对准相机镜头(3);并且

- 其中所述相机 (3) 的对称轴 (Z轴) 必须平行。

15. 根据权利要求13或权利要求14所述的系统,其特征在于,所述系统包括校准图案,以校准所述视频相机 (3),所述校准图案包括两个相反的面板 (100),其中所述面板 (100) 之间的距离等于所述相机 (3) 之间的距离 (DBC),其中预确定的图像应用于每个面板 (100) 上。

用于在直接竖直连接操作期间支持海底安装的操作以用于柔性管的3D重建的系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及海底工程设计领域,以支持在深水域中在井与平台之间的柔性油气管的互连。更具体地,本发明涉及由本申请人开发的直接竖直连接(DVC)操作。因此,本发明涉及用于在DVC操作期间实时监测柔性管的曲率半径以便增加这些操作的安全性和操作效率的方法和工具。

背景技术

[0002] 在直接竖直连接操作(在下文中,DVC)期间,竖直连接模块(在下文中,VCM)的安装为复杂的步骤,其可花费数天来完成。另外,诸如环境条件、能见度以及关于柔性管和海底设备的潜在风险的因素可产生甚至更长的过程延迟。

[0003] 如众所周知的,在DVC操作期间,由柔性管对VCM施加力。因此,为了安全地执行该操作(针对设备以及柔性管两者),必要的是,VCM上的力和管的曲率半径在操作的所有步骤期间在由制造商建立的限度内。

[0004] 然而,在安装期间确定在VCM上的力和管的构造为复杂的,因为这取决于管的特性、VCM、环境条件以及安装柔性管的PLSV船舶(管铺设支承船舶)的特性。

[0005] 在DVC操作中的柔性管的构造取决于管的挠曲刚度(EI),挠曲刚度(EI)继而在操作时随压力、温度以及力变化。因此,挠曲刚度的真实值为必须在操作期间估计以便在DVC期间获得柔性管的精确构造和动态行为的参数。

[0006] 柔性管的曲率半径可由挠曲刚度(EI)确定,并且必须监测曲率半径以防止其最小值被破坏,其最小值被破坏可导致对柔性管的损坏。

[0007] 为了减轻对柔性管的可能损坏,使用称为弯曲限制器的装置,该装置锁定在线所允许的最小曲率半径处,从而防止其以小于所容许的半径的半径弯曲。

[0008] 然而,锁定弯曲限制器可引起对VCM结构的损坏,诸如折断鹅颈管和/或VCM所连接的海底设备(诸如生产适配器基部(PAB)的毂,或海底管线端部歧管(PLEM)的毂等设备)。

[0009] 因此,本发明的主要目的是使用管的几何形状的3D重建以及在DVC操作期间的静态平衡的实时物理模拟来获得管的曲率的估计值。

[0010] 通过本文中呈现的系统获得的对沿着柔性管的曲率半径以及安装期间涉及的力的实时了解防止下水工程师进行可损坏管或VCM的有风险的移动,从而防止在有风险的情形下将VCM联接至海底设备。

[0011] 针对本发明的另一可能的应用涉及其在关于柔性管的资格测试(诸如DIP测试(深浸性能测试))中的使用,这将允许改进对柔性管在测试期间的行为的评估,因为通过监测,在测试期间以较高的精度获得曲率半径变为可能。

[0012] 为了部分地解决列出的问题,文献“*Real Time Radius of Curvature Measurement During DVC Operations Based on Flexible Pipe 3D Reconstruction (基于柔性管3D重建的在DVC操作期间的实时曲率半径测量)*”(SANTOS, I.H.F.; VARDARO,

E.; GOES, E.; LOPES, V.S.; VAILLANT, A.; PALMEIRO, A.; KELNER J.; CESAR, V.M.; PESSOA, S.; REIS, B. OTC 2015-近海技术会议(2015年里约热内卢))为已知的。

[0013] 该文献解释了用于帮助管安装工程师安全地执行DVC操作的方法。该方法基于用于在DVC操作期间估计柔性管曲率的计算视图系统,以便通过使用立体相机和沿着管的一些标记来提高操作效率。

[0014] 描述的系统具有成组的立体的低照度相机,以及喷涂在管上的黑色和白色标记的交错图案。系统通过三个不同阶段的序列来执行其任务:校准、检测以及曲率半径的估计。

[0015] 为了检测和重建柔性管的3D几何形状,方法基于黑色和白色标记的交错图案,其应当覆盖被分析的管节段的整个表面。该图案允许系统随着时间的推移区分管节段。

[0016] 一旦校准,系统就不断地尝试标识图像中的交错图案。检测算法使用拓扑限制以分割用于白色标记的最可能候选图像,并且然后其应用技术回溯算法以选择那些候选中的哪些与柔性管真正有关。

[0017] 如该文献中描述的,因为检测过程由于需要研究每一个图像而花费长时间来处理,因此随着时间的推移,使用不同的方法来跟踪管。追踪程序为两步式能量最大化技术,其基于以下事实:管在帧与帧之间略微地移动,因此减少用于研究图像的下一帧中最大值的搜索空间。

[0018] 最后,当找到表示来自成对的相机的每个图像中重建的管的区段的白色标记时,管的中轴线的3D几何形状可重建为分析曲线。该过程通过将曲线同时调整为每个图像中的点的集合来进行。最后,架空线调整为3D点在从曲线采样的显性平面中的投影,以便评估管的曲率。

[0019] 然而,由所讨论的文献揭示的系统未提到弯曲限制器、第一端部和第二端部DVC操作中使用的浮标带(以及特别是用于第二端部DVC的弧形弯曲部的带)的标记。

[0020] 在没有提及的标记(弯曲限制器)的情况下,最初描述的检测算法完全无法起作用,如在文章的发表之后随后执行的现场测试期间证实的那样。

[0021] 在现场测试中还证实,从调整为垂直于相机的平面上的3D点投影的架空曲线获得曲率 κ 未正确地起作用。这是因为点位置的不确定度高(由于采集分辨率非常低)。每个重建点被采样为与管直径成比例的管上的标记的质心。因此,关于由来自图像的白色区域的每个质心限定的管的中轴线的真实位置的不确定度为管的直径的大约一半,其大体上从6到8英寸变化(即,10 cm左右)。

[0022] 此外,一阶和二阶导数的计算(根据下文限定的线的曲率方程 κ),过度地放大关于使用该方法获得的曲率的最终值的不确定度。

$$\kappa = \frac{x'y'' - x''y'}{(x'^2 + y'^2)^{\frac{3}{2}}}$$

[0023] 图1示出根据数据的噪点的曲率半径($RC = 1/\kappa$)的误差的行为,其与由所讨论的现有技术中的文献描述的方法一致。图1a示出根据重建的3D点的数量的RC的误差的行为。

[0024] 由于该原因,现有技术中描述的方法示出为缺乏基于对作用在系统上的力的静态平衡的物理模拟的新的解决方案。

[0025] 如将在下文进一步详述的,本发明试图找到针对上文描述的现有技术中的问题的实用且高效的解决方案。

发明内容

[0026] 本发明的目的是提供一种用于海底安装的操作的支持工具,其现在在DVC操作的所有步骤期间在VCM上的力和管的曲率半径的精确估计。

[0027] 为了达到上文描述的目的,本发明提供一种用于在直接竖直连接操作期间支持海底安装的操作以使用柔性管的3D重建来获得曲率半径(RC)的方法。方法由以下步骤构成:利用特定规则图案喷涂柔性管;执行在柔性管上采样的点的3D重建;以及最终获得柔性管的曲率半径。3D重建包括以下步骤:在DVC操作期间捕获柔性管的图像;将捕获的图像发送至专用计算机;通过生成关于曲率半径(RC)的信息来处理图像。此外,在喷涂过程期间,还应当使用与用于管的图案一致的规则图案来喷涂弯曲限制器;利用特定规则图案来喷涂用于浮标的带;以及在第二端部DVC操作的情况下,喷涂用于弧形弯曲部的带。本发明进一步包括用于海底安装的操作的支持系统(称为SOIS),以在直接竖直连接操作期间从柔性管的3D重建获得RC。另外,本发明执行管的静态平衡的物理在线模拟,以便获得柔性管的曲率半径(RC)。物理模拟包括系统的静态平衡的评估,该系统包含:VCM(具有或不具有适配器)、柔性管和附件(连接器和弯曲限制器)、用于浮标的带,以及用于弧形弯曲部的带。系统的静态平衡通过离散地执行上文列出的所有部分的数值建模来实现,考虑到从3D重建获得的点以及实时涉及的所有力。从3D重建获得的点的位置用作在GPU中最佳地执行的通过物理模拟执行的优化过程中使用的限制。

附图说明

[0028] 下文呈现的详细描述参考附图及其相应的参考编号。

[0029] 图1示出根据来自数据的噪点的RC误差的行为,其与由现有技术描述的对海底安装操作的支持的方法一致。

[0030] 图1a示出根据重建的3D点的数量的RC相对于真实值的平均百分比误差的行为,其与由现有技术描述的对海底安装操作的支持的方法一致。

[0031] 图2示出根据本发明的优选构造的SOIS系统的概观。

[0032] 图3a示出用于标记柔性管的特定规则图案的任选构造。

[0033] 图3b示出用于以与柔性管上的标记兼容的方式标记弯曲限制器的特定规则图案的任选构造。

[0034] 图4a和图4b示出根据本发明的一种构造的用于标记用于浮标的带的两种任选构造。注意,目的是允许第一浮标被精确地标记,而其余的浮标不应当与柔性管上的规则白色标记混淆。

[0035] 图5示意性地示出PLSV-起重件距离和PLSV-VCM距离。

[0036] 图6示意性地示出第二端部DVC弧形弯曲部的元件。

[0037] 图7示出如通过本发明的方法设计的用于联接VCM的两个选项。

[0038] 图8示出本发明的SOIS系统中的相机的位置的示意图。

[0039] 图9示出如通过本发明设计的校准图案的视图。

[0040] 图10a示出本发明的SOIS方法的流程图。

[0041] 图10b示出根据本发明的SOIS方法的管的3D重建的细节。

[0042] 图11示意性地示出根据本发明的一种构造的来自相机的每一帧中的点的3D重建模块的动作。

[0043] 图12示意性地示出将粒子系统 $\{p_i\}$ 调整为在SOIS的静态平衡的物理模拟中使用的重建的3D点的迭代过程。

[0044] 图13示出根据SOIS的静态平衡的物理模拟中使用的优化方法的重建的3D点 $\{x_j\}$ 与来自通过粒子系统 $\{p_i\}$ 的插值曲线 $\mathcal{C}(\{p_i\})$ 的点之间的距离的计算。

[0045] 图14示出如通过本发明设计的用于使用与插值曲线相切的矢量来计算通过粒子系统 $\{p_i\}$ 的插值曲线 $\mathcal{C}(\{p_i\})$ 的距离的近似值。

具体实施方式

[0046] 首先,注意,以下描述将以本发明的优选实现开始。然而,如对本领域中的任何技术人员而言将显而易见的是,本发明不限于该特定实现。

[0047] 本发明试图支持在直接竖直连接 (DVC) 程序期间安装竖直连接模块 (VCM) 的过程。为此,本发明提供用于允许对海底设施的操作的支持 (SOIS) 的方法,将在以下段落中详细地描述该方法。

[0048] 仅出于提供信息的目的,注意,用语“对海底设施的操作的支持”将在本报告中由首字母缩写词SOIS代替。作出该选择以便简化描述,并且该选择将决不影响对本发明的理解。

[0049] 另外,将在下文呈现本报告中重复使用的一些用语,以确保它们在以下描述中将不引起混淆。这些用语如下:

- 柔性管(或管)-将在DVC操作中安装的柔性管(诸如流线或立管);
- 弯曲限制器-用作机械止动器的机械装置,将柔性管的曲率半径限制为最小值。

该设备继而由以下构件构成:

- 适配件-将弯曲限制器的起点连接到VCM连接器的二分件;
- 内部环-连接到两个外部环的二分件;以及
- 外部环-连接到两个内部环的二分件;
- 浮标带-将浮标系到柔性管的线的布置;
- 起重带/吊索-附接到柔性管以帮助形成用于第二端部DVC操作的弧形弯曲部的线的布置;
- ROV-远程操作的运载工具,其为远程地操作的海下运载工具;
- DVC-直接竖直连接,其为必须由SOIS监测的操作;以及
- 安装者-对执行操作负责的技术团队。

[0050] 如已经提及的,本发明可在利用第一端部和第二端部DVC程序将井、歧管以及浮式生产存储和卸载 (FPSO) 船舶之间的管互连的所有操作中使用。另外,DIP测试操作还可使用SOIS方法来监测。

[0051] 图2示出根据本发明的优选构造的SOIS系统的概观,然而,本发明不限于该特定实现。注意,SOIS系统基本上由下者构成:硬件(相机(3)、专用计算机(4),以及用以接收来自

ROV的视频信号的线缆)和附件(校准图案)。

[0052] 方法还描述在VCM的安装之前和期间待遵循的操作程序。管(1)和弯曲限制器(6)(见图3)应当遵循特定规则图案来喷涂,以允许其在超深水域中的海洋底部处存在的照明条件之下被检测。

[0053] 因此,S0IS方法最初包括以下步骤:利用特定规则图案来标记(见图3)柔性管(1);以及以与管(1)上使用的规则图案兼容的方式标记弯曲限制器(6)。优选地,这些步骤将在陆地上的支承基部上执行,以减小船上的影响;然而,标记不局限于定位在陆地上的提及的支承基部,并且可在船舶(5)上进行或加强。

[0054] 当启用时,S0IS以下方式监测操作以向安装提供支持。在DVC期间,安装在ROV(2)上的两个视频相机(3)捕获柔性管(1)的图像。这些图像然后发送至专用计算机(4)并且由S0IS处理。最后,曲率半径的值实时呈现给下水工程师。见图2。

[0055] 在本发明的优选构造中,使用的特定规则图案包括交替的黑色和白色带。图3a示出用于标记柔性管(1)的特定规则图案的任选构造。图3b示出用于以与管(1)的标记一致的方式标记弯曲限制器(6)的特定规则图案的任选构造。

[0056] 如图3a中示出的,将在柔性管(1)上使用的标记为白色和黑色区域的交错且规则的序列,其中可使用一系列要求。

[0057] 标记应当使用呈黑色和白色的哑光涂料(无光泽)进行,其中白色区域的长度必须等于管(1)的外径(d),并且黑色区域的长度必须等于管(1)的外径的一半($d/2$)。标记不局限于使用颜色黑色和白色,或者不局限于上文描述的长度。可使用颜色和喷涂长度的另一组合,其允许结构的重建和数据捕获,而没有损害。

[0058] 任选地,标记应当在管(1)的第一50米上进行。如果管(1)必须在船上喷涂或润饰,则在弯曲限制器(6)之下处于压缩位置的区段不需要喷涂或润饰。

[0059] 在本发明的理想构造中,柔性管(1)的标记为安装者的责任(在由安装船(5)上的检查员监督的情况下)。理想地,柔性管(1)应当在装载之前标记,其中安装者对遵循提出的建议在管(1)上的最终标记负责。

[0060] 关于标记弯曲限制器(6),优选的是,具有黑色和白色区域的交错图案,其类似于在管(1)上标记的图案,如图3b中示出的。

[0061] 同样对于弯曲限制器(6)而言,标记应当使用呈颜色黑色和白色的哑光涂料(无光泽)进行,并且还使用黑色哑光胶带进行。标记不局限于上文描述的黑色和白色的使用。可使用颜色的另一组合,其允许结构的重建和数据捕获,而没有损坏。

[0062] 另外,内部环(61)喷涂成白色,外部环(62)喷涂成黑色,并且适配件喷涂成白色。在外部环(62)的安装之后,它们应当以黑色胶带包裹,以便隐藏阳极。胶带的颜色不局限于黑色,而是它应当遵循外部环(62)的着色。

[0063] 优选地,在安装船(5)上的检查员的监督的情况下,弯曲限制器(6)的标记也为安装者的责任。

[0064] 理想地,弯曲限制器(6)应当在装载之前喷涂。遵循提出的建议来执行对弯曲限制器(6)的最终标记是安装者的责任。

[0065] 为了估计曲率并且为了提供更精确的估计值,本发明的S0IS方法还任选地提出标识用于将浮标(7)附接到柔性管(1)的点。为此,必须标记用于浮标(7)的带(71)。

[0066] 因此,图4a和图4b示出根据本发明的用于标记浮标的带(71)的两个任选构造。

[0067] 根据本发明,用于浮标(7)的带(71)必须利用呈黑色和白色的哑光胶带(无光泽)来标记,其中第一浮标(定位成最靠近VCM)的带(71)的标记与其它浮标(7)的带(71)的标记不同。就如同柔性管(1)和弯曲紧固件(6)的标记一样,标记不局限于上文描述的颜色黑色和白色的使用,并且可使用颜色的另一组合,其允许结构的重建和数据捕获,而没有损坏。

[0068] 因此,在第一浮标的带(71)上,最靠近管(1)的带(71)的区段利用黑色胶带标记,并且其余部分利用白色胶带标记。

[0069] 优选地,带(71)的第一25厘米(从管(1)开始到浮标)应当利用黑色胶带标记。在最初的25厘米之后,带(71)应当每隔1.5米使用白色胶带标记,或者直到到达浮标。

[0070] 在其它浮标(7)上,带(71)应当在最靠近管(1)的2米内或沿着带(71)的整个长度利用黑色胶带标记。

[0071] 在标记所有带(71)时,在管(1)或弯曲限制器(6)的给定区域中保持卷起的部分应当标记成使得其不妨碍管(1)的区域的识别。换句话说,如果带(71)在黑色区域中卷起,则带(71)的卷起部分应当利用黑色胶带覆盖。并且,如果带(71)在白色区域中卷起,则卷起部分也应当利用白色胶带覆盖,如图4b中示出的。

[0072] 在由安装船(5)上的检查员监督的情况下,用于浮标(7)的带(71)的标记也应当为安装者的责任。

[0073] 在第二端部DVC操作的情况下,用于形成弧形弯曲部的起重带(91)和(92)应当在最靠近管(1)的2米内或沿着起重带(91)和(92)的整个长度利用黑色胶带标记。

[0074] 在标记起重带(91)和(92)时,在管(1)或弯曲限制器(6)的给定区域中保持卷起的带的部分应当标记成使得其以与标记浮标带的方式类似的方式(即,使用在该区域中使用的相同颜色)不妨碍线的区域的识别。换句话说,如果起重带(91)和(92)在黑色区域中卷起,则起重带(91)和(92)的卷起部分应当利用黑色胶带覆盖。否则,如果起重带(91)和(92)在白色区域中卷起,则卷起部分应当利用白色胶带覆盖。

[0075] 在由安装船(5)上的检查员监督的情况下,用于管(1)的起重带(91)和(92)的标记也应当为安装者的责任。

[0076] 为了执行,S0IS需要提供关于DVC操作的一些信息,诸如设备(诸如柔性管(1)、浮标(7)、弯曲限制器(6)以及VCM)的物理特性。该信息(其将在下文详细地呈现)可由S0IS在执行期间的不同时间提供,如将通过以下描述显而易见的。

[0077] 此外,大部分信息可由地面团队提供,该地面团队在操作之前对DVC构造执行研究。该信息可通过传递至下水工程师的表格(将直接地插入到由S0IS提供的用户界面中)来提供,以监测DVC操作。

[0078] 其它信息仅可在DVC操作之前或期间的时刻由下水工程师获得。在由安装船(5)上的检查员监督的情况下,提供DVC信息为安装者的责任。

[0079] 将提供的参数在图5、图6和图7中示意性地示出,其中图5示意性地示出PLSV-起重件距离和PLSV-VCM距离。图6示意性地示出DVC弧形弯曲部的元件。图7示出如通过本发明的方法设计的用于联接VCM的两个选项,VCM示出为在左边或右边(图7a和图7b)。

[0080] 因此,大体上,S0IS需要来自以下常规参数的信息:

- DVC的类型,即,DVC的类型是第一端部还是第二端部;

- 水位线的值,即,在海床与表面之间的距离(仅在其为第一端部DVC的情况下提供);

- PLSV-VCM距离,即,在PLSV (5) 上的管 (1) 的端部与VCM的吊环螺栓之间的水平距离,如图5中示出的。该数据点通过利用ROV (2) 对VCM进行静态拍摄来获得(仅在其为第一端部DVC的情况下提供);

- PLSV-起重件距离,即,在PLSV (5) 上的管 (1) 的端部与起重件 (8) 之间的水平距离,如图5中示出的。该数据点应当基于起重件 (8) 相对于PLSV (5) 的位置来计算(仅在其为第一端部DVC的情况下提供);

- 弧形弯曲部的第一起重带的长度 (910) (仅在其为第二端部DVC的情况下提供);

- 弧形弯曲部的第二起重带的长度 (920) (仅在其为第二端部DVC的情况下提供);

- 沿着第一起重带 (91) 的管的位置,即,在VCM的凸缘 (9) 到弧形弯曲部的第一起重带 (91) 之间的长度(仅在其为第二端部DVC的情况下提供);

- 沿着第二起重带 (92) 的管的位置,即,在VCM的凸缘 (9) 到弧形弯曲部的第二起重带 (92) 之间的长度(仅在其为第二端部DVC的情况下提供);以及

- 在图像中的联接的侧部,即,如果VCM在来自相机 (3) 的图像中出现在管 (1) 的另一端部的左边,则状态为“左”(图7a),否则状态为“右”(图7b)。

[0081] SOIS还需要来自管 (1) 的以下参数的信息:

- 管 (1) 可在操作期间达到的最小曲率半径 (MBR) 的值;

- 挠曲刚度 ($EI = RC_{locking} \times M_{locking}$) 的值,其中弯曲限制器 (6) 的锁定曲率半径 $RC_{locking}$ (或在不使用弯曲限制器 (6) 的情况下,管 (1) 的最小半径) 等于锁定曲率的倒数(即, $1/k_{locking}$),并且因数 $M_{locking}$ 为对应于锁定曲率半径的力矩,其从由设备制造商提供的磁滞曲线获得;

- 管 (1) 的轴向刚度 (EA); 以及

- 在浸没在海水中时管 (1) 的线性净重(即,必须考虑管 (1) 是充满海水还是空的)。

[0082] 还必须向SOIS提供以下弯曲限制器 (6) 参数:

- 管 (1) 是否安装有弯曲限制器 (6), 其中如果管 (1) 未安装有弯曲限制器 (6), 则不应当填写与弯曲限制器 (6) 有关的其它字段;

- 弯曲限制器 (6) 的锁定半径 (MBR) 的值;

- 安装在管 (1) 上的弯曲限制器 (6) 的最大长度; 以及

- 在浸没在海水中时弯曲限制器 (6) 的净重。

[0083] SOIS还需要来自适配器的以下参数:

- 适配器是否用于将管 (1) 连接到VCM, 其中如果不使用适配器, 则不应当填写与适配器有关的其它字段;

- 适配器的长度;

- 在浸没在海水中时适配器的净重(即,必须考虑适配器是充满海水还是空的)。

[0084] 还必须向SOIS提供来自连接器的以下参数:

- 连接器的长度; 以及

- 在浸没在海水中时连接器的净重(即,必须考虑连接器是充满海水还是空的)。

[0085] 来自VCM的以下参数(在必要时):

- 鹅颈管与VCM的竖直轴线形成的最小角度;
- 从VCM的凸缘(9)至海床的竖直距离;
- 从吊环螺栓至凸缘(9)的竖直距离;
- 从吊环螺栓至凸缘(9)的水平距离;
- 从凸缘(9)至重心的竖直距离;
- 从凸缘(9)至重心的水平距离;
- 从凸缘(9)至VCM的基部的竖直距离;
- 从凸缘(9)至VCM上的轂的中心的水平距离;以及
- 在浸没时的VCM重量。

[0086] 最后,必须为SOIS方法提供浮标(7)的以下参数:

- 在VCM的凸缘(9)与浮标(7)所附接的点之间的距离;以及
- 浮标(7)的净推力。

[0087] SOIS系统还预见到使用两个视频相机(3)来从管(1)捕获图像,其中那些相机(3)除了能够耐受海下环境之外还必须为高分辨率的(尤其是在低照度环境中)。

[0088] 优选地,相机(3)应当具有最低的以下规格:至少 1.3×10^{-3} Lux的光敏度;和最小值为 80° 的水中视场。

[0089] 图8示出从本发明的SOIS系统的相机(3)的位置的顶部观察的示意图。

[0090] 相机(3)必须附接到ROV(2),使得相机(3)的定位不可贯穿整个操作而改变。因此,建议相机(3)附接到其中将保护它们免受机械冲击的位置。

[0091] 相机(3)之间的距离(DBC)应当优选为1米的最小值以及1.5米的最大值。相机(3)应当定位在彼此旁边,并且相对于ROV(2)的基部以相同的高度定位,并且相机(3)的镜头(前部部分)必须对准。上文描述的距离不为限制性的,因此可使用另一距离,只要该距离能够允许结构的重建和数据捕获而没有损坏即可。

[0092] 另外,相机(3)的对称轴(Z轴)必须平行,并且相机(3)应当定位在ROV(2)上,使得校准图案可在校准程序期间被正确地看见。

[0093] 相机(3)优选地定位在ROV(2)的上部部分上,其中该位置应当确保设备的其它件(诸如ROV(2)的臂)不出现在相机(3)的视场中。

[0094] 为了将视频信号从ROV(2)传输至专用计算机(4),设计直接连接,该直接连接将视频信号从ROV(2)上的相机(3)传输至船上的SOIS的专用计算机(4)。使用的设备(连接器和线缆)和信号传送手段(电或光)将为安装者的责任。

[0095] 任选地,传送来自相机(3)的视频信号的线缆应当具有BNC型连接器,使得它们可连接到专用计算机(4)中安装的捕获装置。

[0096] 本文中描述的SOIS还设计相机校准步骤,使得SOIS可估计在柔性管(1)上标记的区域的曲率半径。校准程序由以下步骤组成:使用SOIS软件从校准图案中捕获图像,其中必须遵循一系列建议。

[0097] 重要的是,程序利用附接到ROV(2)的相机(3)来进行。

[0098] 校准程序应当在发生以下事件中的任一个时始终进行:

- 当一个或多个视频相机(3)安装或重新安装在ROV(2)支承件上时;

- 当发现一个或多个视频相机 (3) 出于任何原因而更改它们的附接时;
- 和/或,当发现一个或多个视频相机 (3) 经历冲击时。

[0099] 还建议,校准就在浸没ROV (2) 以执行DVC操作之前执行。

[0100] 为了校准,构建如图9中示出的校准图案为必要的。该图案的构建可分成两个部分:结构的组装;以及校准图案 (10) 的设计的压印和应用。

[0101] 结构使用由铝制成的结构型体 (profile) 和光滑的铝面板 (100) 来制造,以形成设计将附接在其中的表面,其中面板 (100) 之间的距离 (中心到中心) 必须等于具有为5 cm的小的最大公差(DBC (相机 (3) 之间的距离))。

[0102] 设计 (10) 各自应当应用于校准图案的一个端部,使得箭头指向同一方向,并且定位在图案的端部上。

[0103] 设计 (10) 以准备打印的数字格式提供。还建议,设计 (10) 使用哑光乙烯基粘合剂以专用图形制造。

[0104] 粘合剂应当在面板 (100) 被钻孔之后并在放置在结构上之前施加。粘合剂在图案的光滑面板 (100) 上的施加应当仔细地进行,以便不产生气泡、不具有皱褶的设计或者不损坏设计,气泡、皱褶的设计、损坏设计可阻碍相机 (3) 的校准。

[0105] 在将粘合剂施加到支承件之后,建议在设计的顶部上使用哑光喷射清漆。清漆减少在捕获来自设计的图像时来自环境照明的干扰。

[0106] 因此,S0IS工具通过计算在安装期间下水工程师感兴趣的曲率半径和其它量值来为DVC操作提供实时支持。

[0107] 图10a示出来自本发明的S0IS的流程图。图10b示出根据本发明的S0IS方法的管 (1) 的3D重建的细节。

[0108] 如可看见的,S0IS基本上包括以下步骤:图像捕获;校准;用于3D重建的计算视图;以及物理模拟。

[0109] 图像通过定位在ROV (2) 上的两个相机 (3) 捕获,如先前呈现的。在降低ROV (2) 之前,相机 (3) 的内在和外在校准在船上获得。还提供柔性管 (1) 和使用的附件 (诸如带 (71) 和浮标 (7)) 的特性。最后,获得关于位置、几何形状、曲率以及沿着管 (1) 的竖直移动的信息,并且也获得对DVC操作负责的下水工程师感兴趣的其它信息。

[0110] 视频捕获模块接收来自校准相机 (3) 的立体布置的图像。对于相机 (3) 的每一帧而言,在另一个相机中存在等同体,并且两者被处理并发送至下一个计算视图模块。

[0111] 计算视图模块对在柔性管 (1) 上采样的点 (来自线标记 (1) 的质心) 的3D重建负责。计算视图模块接收来自捕获模块的成对的帧以及两个相机 (3) 的校准来作为输入,使得计算视图模块可从帧的点提取度量信息 (三角测量)。图11示意性地示出根据本发明的构造的来自相机 (3) 的每一帧中的点的3D重建模块的动作。

[0112] 根据这些输入,管 (1) 可通过四个主要阶段以3D方式重建:图像处理、在来自每个相机 (3) 的每一帧中的柔性管 (1) 上的点的检测、在来自相机 (3) 的每一帧中获得的点之间的匹配 (对应),以及用以获得在管 (1) 上标识的点的3D定位的三角测量。

[0113] 在图像处理阶段期间,由相机 (3) 的镜头引起的畸变从帧移除,并且穿过滤器以移除噪点。接下来,在检测阶段期间,图像制成二进制的,以便标识待标识的候选点。在匹配阶段期间,使用校准信息在一帧中的点与来自另一个相机 (3) 的等同帧的点之间找到对应。

三角测量阶段接收那些匹配以及关于相机 (3) 之间的距离和旋转的来自校准的信息,以用于柔性管 (1) 的3D重建。

[0114] 一旦重建完成,就发送其,以用于物理模拟,并且计算视图模块继续重复该过程,从而接收接下来的帧来作为输入。

[0115] 物理模拟模块接收重建的3D点来作为输入,并且使用操作场景的描述来模拟这些点的静态平衡,以实时获得在柔性管 (1) 上检测的每个点处的曲率半径的估计值。

[0116] 物理模拟模块对粒子系统 $\{p_i\}$ 进行调整,粒子系统 $\{p_i\}$ 在直立VCM的条件下将每个粒子调整为重建的3D点 $\{x_j\}$, 这为联接到海下设备之前的其状态。

[0117] 在这一点上,柔性管 (1) 由成组的粒子建模,其中作用在粒子上的牵引力、力矩以及重力为平衡的。粒子系统的解决方案通过将重建的3D点 $\{x_j\}$ 的3D位置作为边界条件强加来获得。在粒子系统的收敛之后,可计算重建的管的实际状态所固有的多种物理量值,诸如曲率半径、力以及力矩。

[0118] 图12示意性地示出将粒子系统 $\{p_i\}$ 调整为在S0IS的静态平衡的物理模拟中使用的重建的3D点的迭代过程。

[0119] 来自物理模拟的粒子系统由其点的集合 $\{p_i\}$ 表示。集合 $\{x_j\}$ 表示重建的3D点。将由每个粒子维持的静态平衡方程(限定为E)由方程: $E(\{p_i\}, h) = 0$ 提供。

[0120] 这些方程由作用在每个粒子上的力(诸如牵引力、切力、重力、摩擦力、法向力等)的总和组成。那些力根据粒子 $\{p_i\}$ 的位置以及设备的物理性质(诸如轴向刚度、挠曲刚度以及质量)两者给出。这些性质由值 h 表示,并且在S0IS方法的执行期间为恒定的。

[0121] 来自有限元系统的成组的粒子形成离散曲线 $\mathcal{C}$, 并且曲线的调整可限定为:

$$\min \sum_j d(\mathcal{C}(\{p_i\}), X_j)^2.$$

[0122] 图13示出根据S0IS方法由粒子的系统 $\{p_i\}$ 对插值曲线进行的调整。

[0123] 由于这为离散曲线,故在点与曲线之间的距离 d 并非微不足道的,因此采用以下近似值,该近似值由在点与曲线的切线(在曲线上的数据点中)之间的距离组成:

$$d_T(x_j, p_i) = (x_j - p_i) - T_i \cdot (x_j - p_i)$$

其中 T_i 为根据图14在点 p_i 上与曲线相切的单一矢量。

[0124] 图14示出由粒子系统 $\{p_i\}$ 对插值曲线进行的近似,如上文描述的。

[0125] 因此,根据在本报告中展示的内容,清楚的是,本发明解决提出的现有技术中的问题,即,提供用于海下设施的操作的支持工具,该支持工具允许在DVC操作的所有步骤期间对在VCM上的力和管 (1) 的曲率半径进行精确估计。

[0126] 允许在本申请的保护范围内的无数变型。因此,加强本发明不限于上文描述的特定构造/实现的事实。

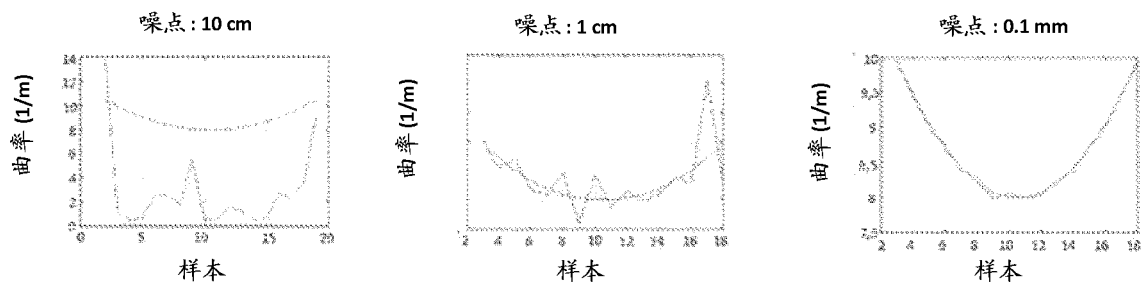


图 1

RC 的平均百分比误差(%)

噪点 (m)	3 个点	5 个点	7 个点	9 个点
0.1	90.202	91.841	91.700	90.850
0.01	48.320	52.142	53.408	52.308
0.001	5.753	7.304	7.563	7.745
0.0001	0.576	0.706	0.792	0.780
0.00001	0.060	0.073	0.077	0.079

图 1a

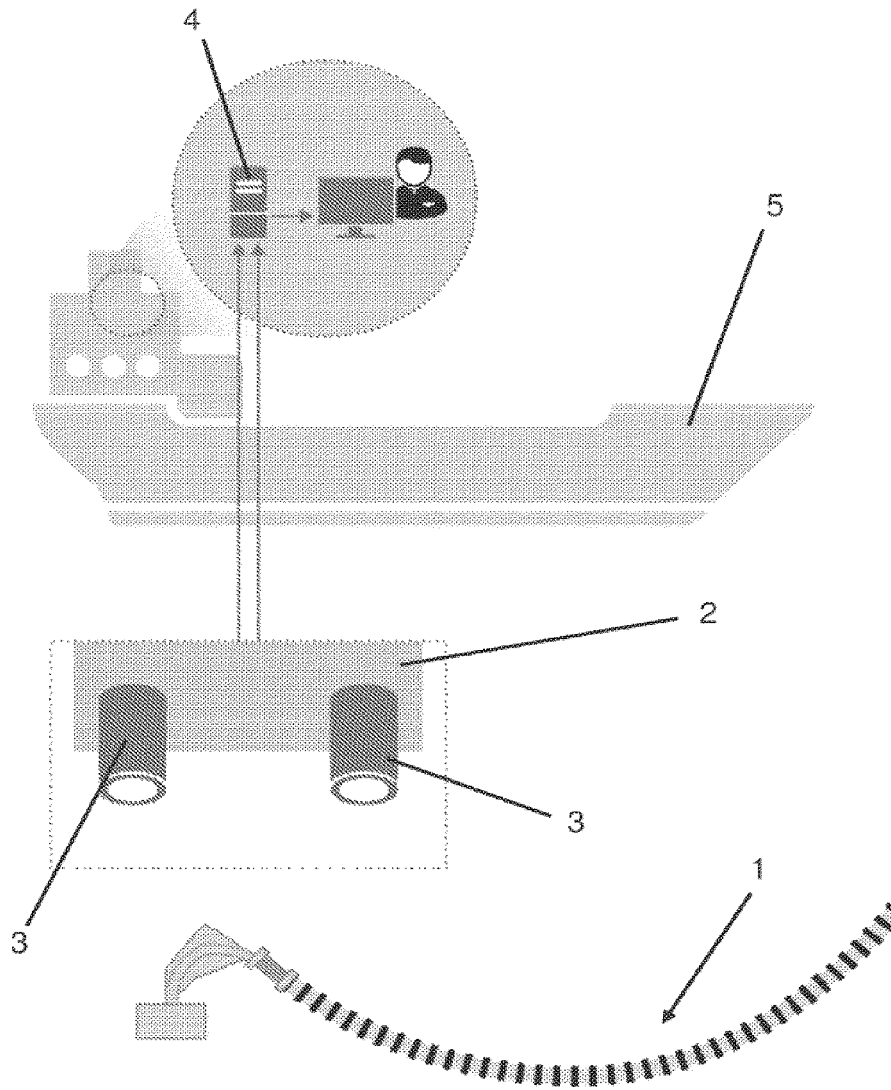


图 2

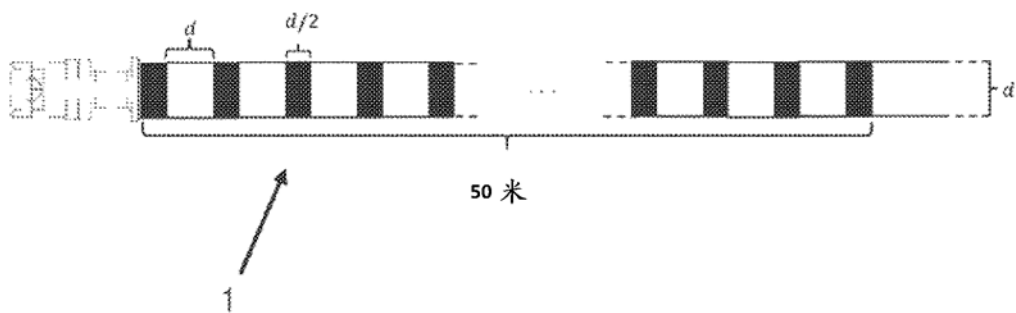


图 3a

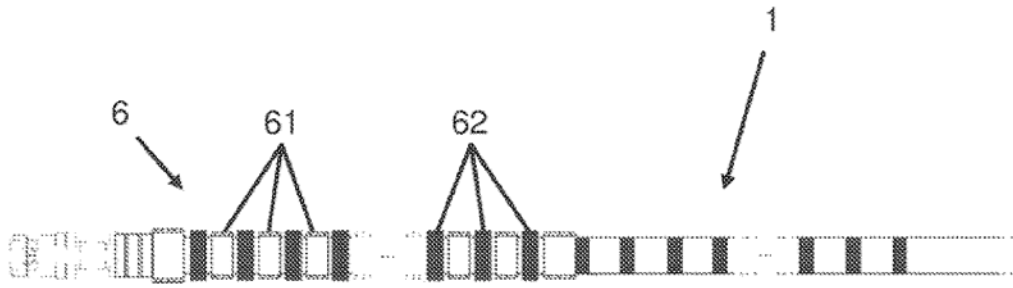


图 3b

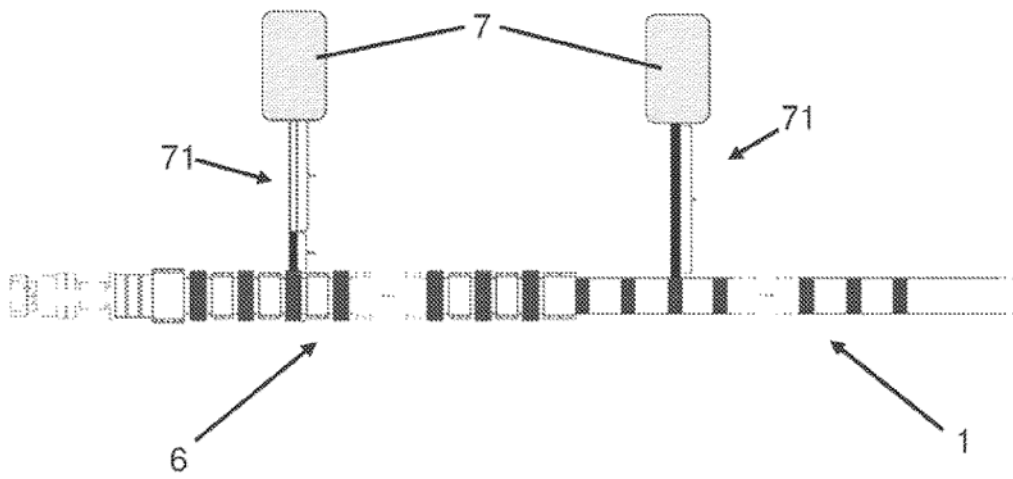


图 4a

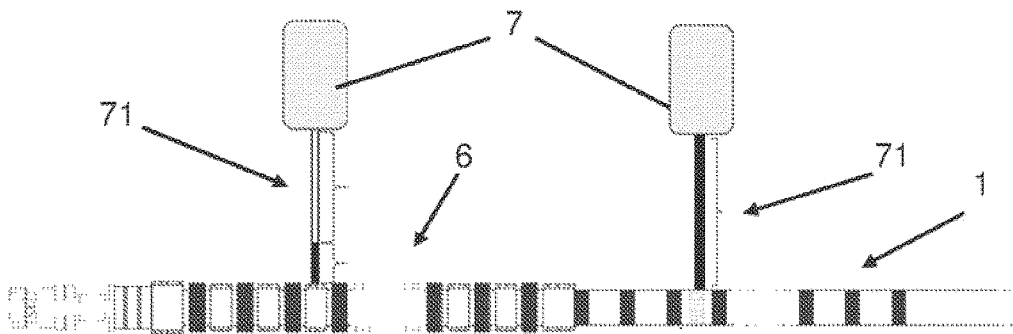


图 4b

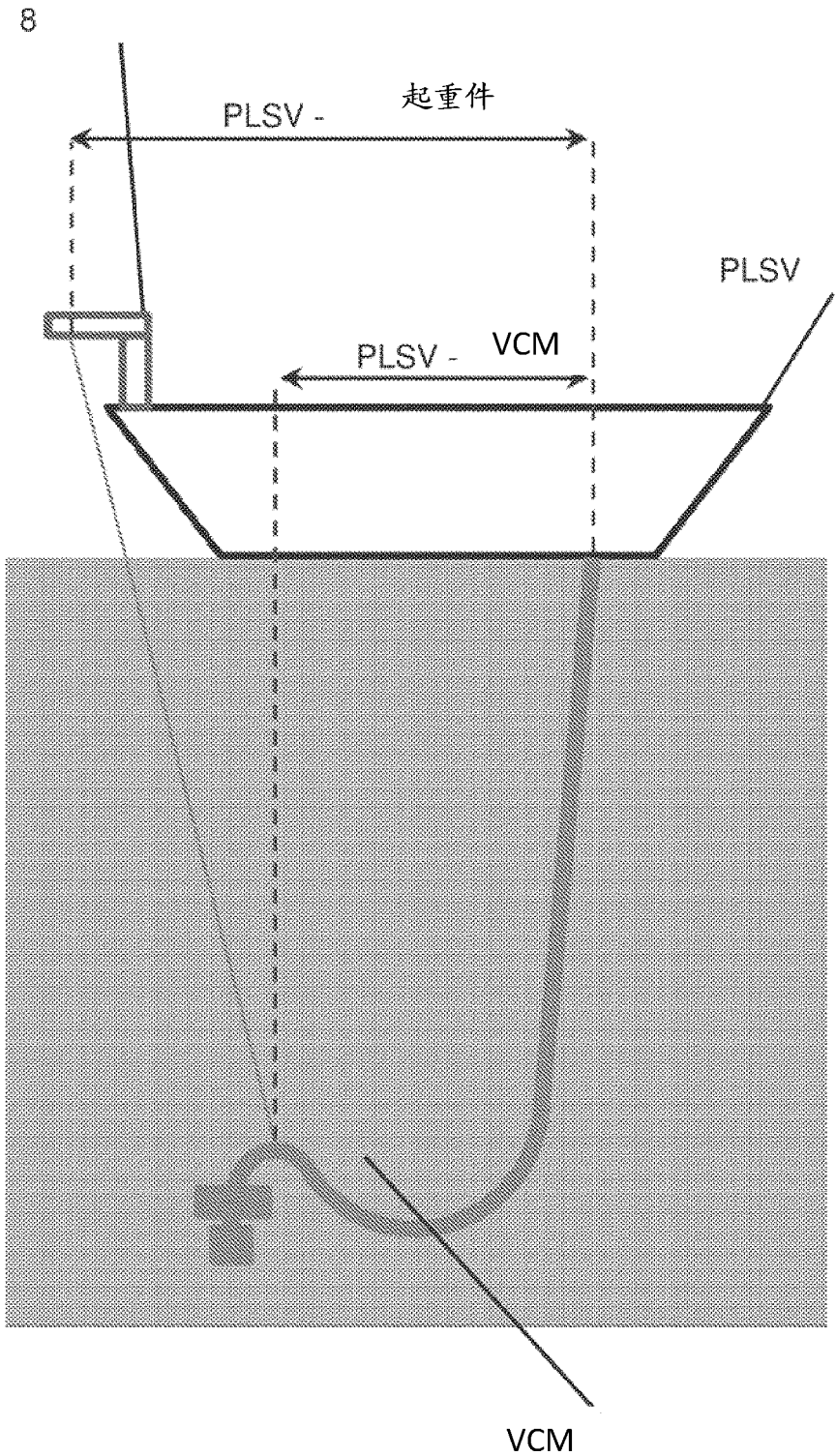


图 5

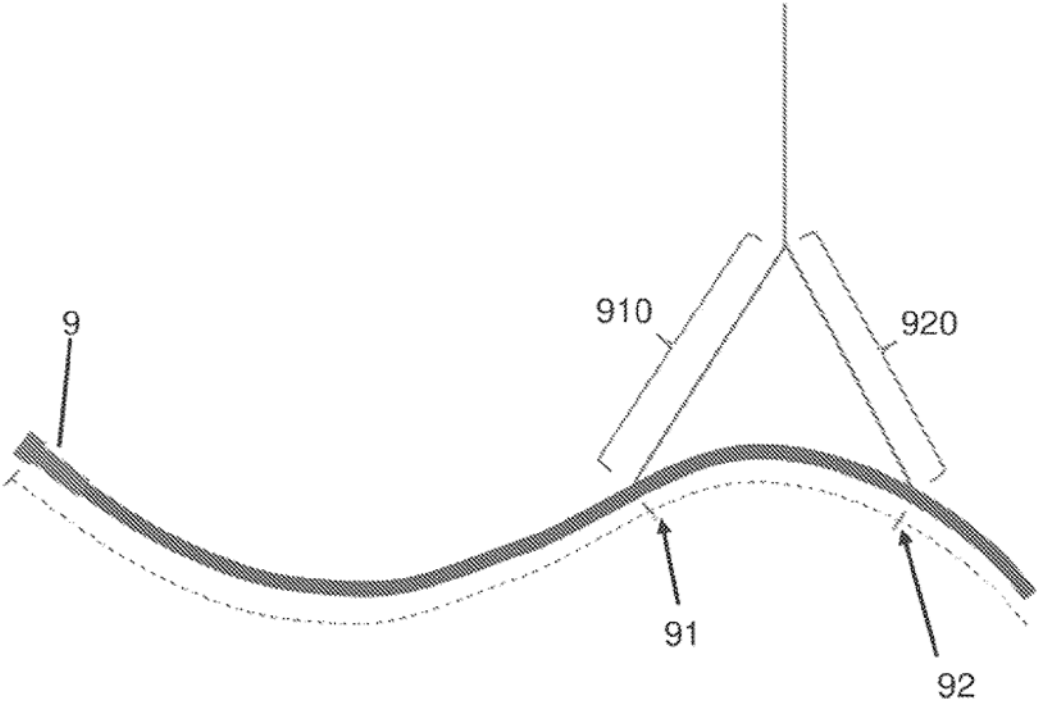


图 6

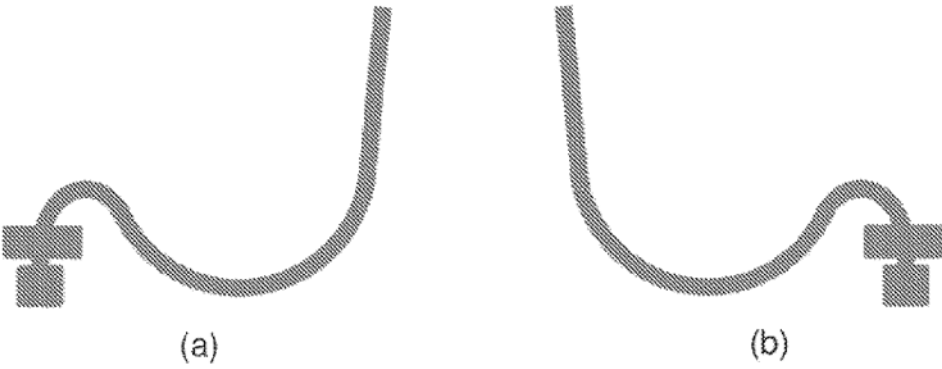


图 7

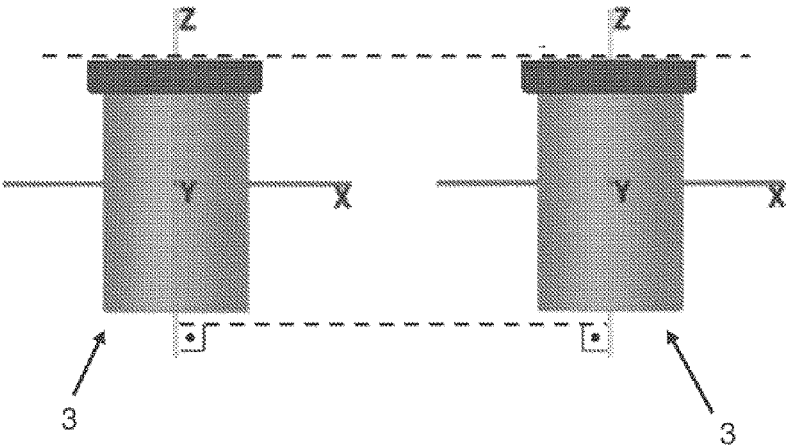


图 8

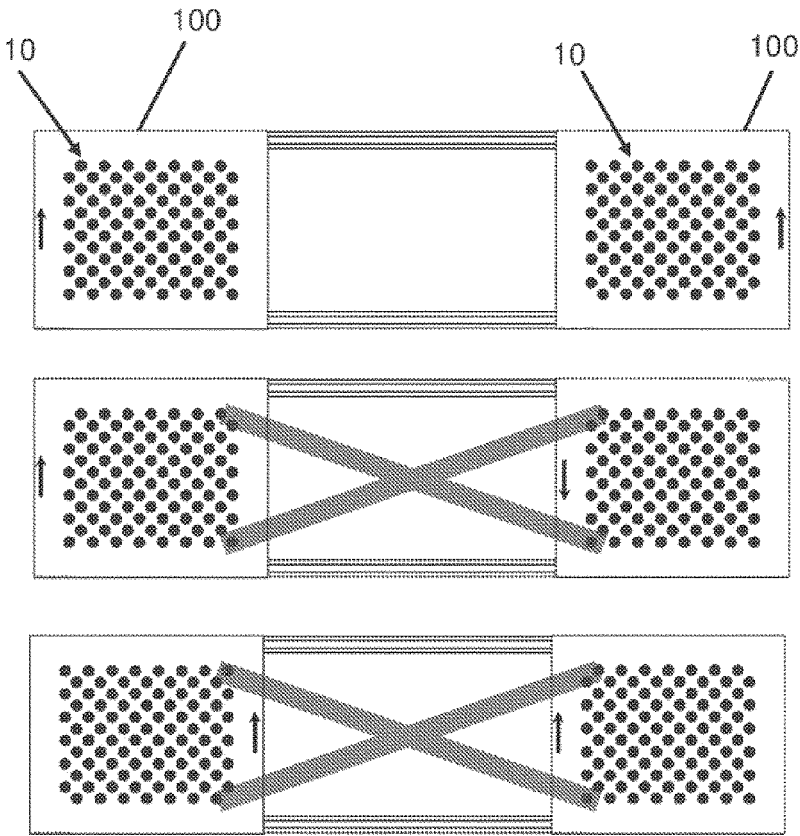


图 9

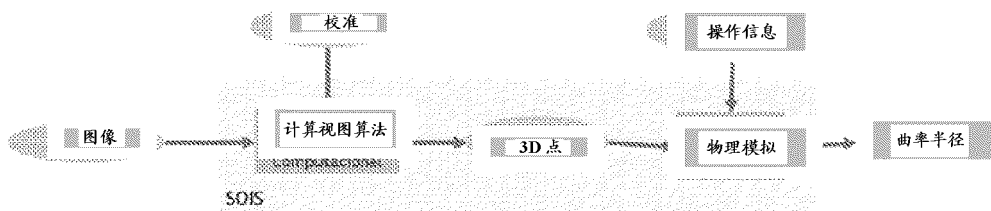


图 10a

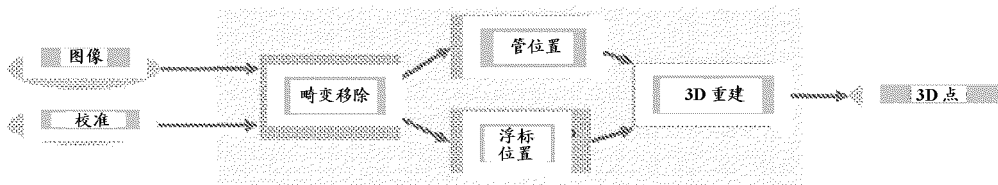


图 10b

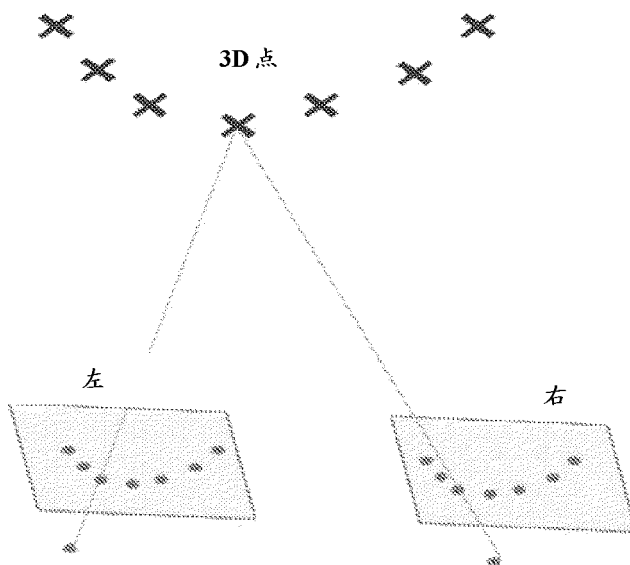


图 11

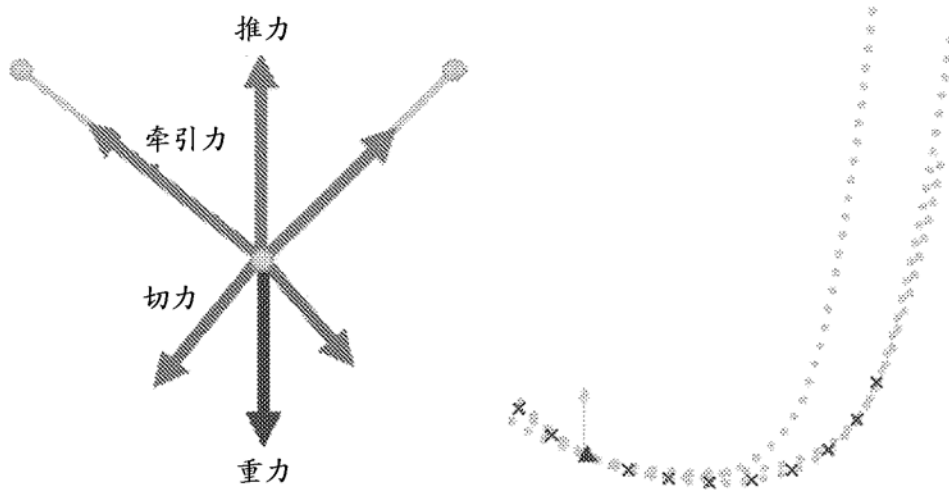


图 12

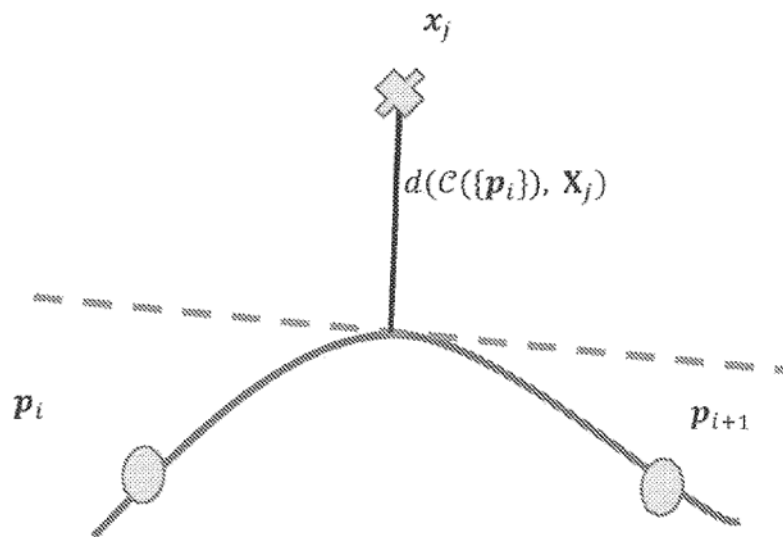


图 13

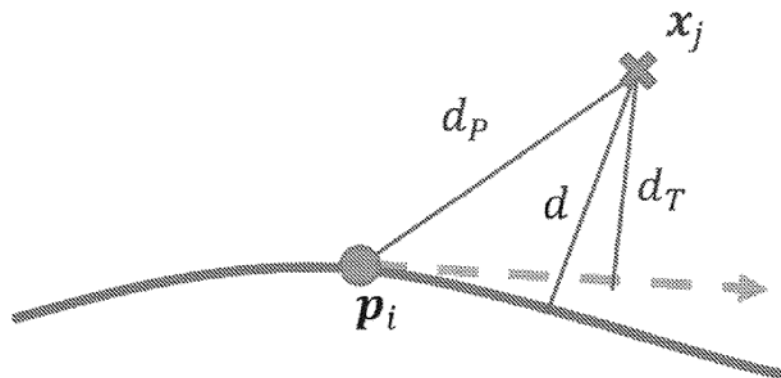


图 14