



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116249646 A

(43) 申请公布日 2023.06.09

(21) 申请号 202180067256.2

(22) 申请日 2021.08.23

(30) 优先权数据

63/068,486 2020.08.21 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.03.30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2021/047173 2021.08.23

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/040634 EN 2022.02.24

(71) 申请人 原理动力有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 C·G·E·戈德罗 A·L·伊迪

M·W·I·M·亚伯拉罕

(74) 专利代理机构 北京市铸成律师事务所

11313

专利代理师 王珺 李文颖

(51) Int.Cl.

B63B 22/00 (2006.01)

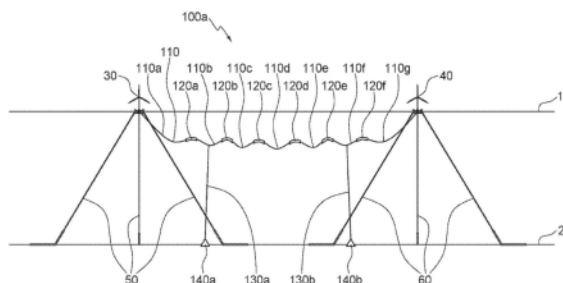
权利要求书3页 说明书14页 附图11页

(54) 发明名称

用于浮动平台的阵列间电缆

(57) 摘要

公开了阵列间电缆(IAC)组件、系统和方法,其中两个浮动平台例如浮动风力涡轮机平台之间的导电电缆悬置在海面下方和海床上方。在所述电缆中包括一个或多个浮力区段,这通过减小悬置的电缆的重量来减小所述浮动平台处的连接上的静张力,并提供几何灵活性,从而允许IAC顺应平台运动。



1. 一种电缆组件,所述电缆组件用于将电力从第一浮动平台传导至第二浮动平台,同时维持所述电缆组件离开海床并减小电缆与平台连接处的张力,所述电缆组件包括:

电缆;以及

第一漂浮区段,所述第一漂浮区段连结到所述电缆,其中:

所述第一漂浮区段被配置为提供浮力,使得当所述电缆连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台时,所述第一漂浮区段被淹没在海面以下,并且所述电缆不接触所述海床。

2. 如权利要求1所述的电缆组件,其中:

所述第一浮动平台包括第一浮动风力涡轮机平台;并且

所述电缆包括绝缘导电电缆,所述绝缘导电电缆的尺寸被设计成传导至少所述第一浮动风力涡轮机平台的电力生产。

3. 如权利要求1所述的电缆组件,其中:

所述第一漂浮区段被配置为提供浮力,使得当所述电缆连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台时,所述电缆不接触所述海床并且所述第一漂浮区段浮在水下,使得所述第一漂浮区段朝向所述海面凸出。

4. 如权利要求3所述的电缆组件,其中:

所述第一漂浮区段包括第一多个漂浮模块,每个模块连接到所述电缆并且所述第一多个漂浮模块沿着所述电缆的第一区段分布。

5. 如权利要求3所述的电缆组件,所述电缆组件还包括第二漂浮区段,所述第二漂浮区段连结到所述电缆,其中所述电缆的第二区段位于第一漂浮组件与第二漂浮组件之间,其中:

所述第二漂浮区段被配置为提供浮力,使得当所述电缆连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台时,所述第一漂浮区段和所述第二漂浮区段都浮在水下并且所述电缆不接触所述海床;并且

所述第二漂浮区段浮在水下,使得所述第二漂浮区段朝向所述海面凸出。

6. 如权利要求5所述的电缆组件,所述电缆组件还包括:第一锚,所述第一锚在所述电缆的所述第二区段内连接到所述电缆。

7. 如权利要求5所述的电缆组件,所述电缆组件还包括:末端漂浮模块,所述末端漂浮模块连接到所述电缆的第一端,其中所述电缆的第三区段位于所述末端漂浮模块与所述第一漂浮区段之间,其中:

所述末端模块被配置为提供浮力,使得当所述电缆的所述第一端未连接到所述第一浮动平台时,所述末端模块浮在水面,并且所述第一漂浮组件和所述第二漂浮组件在水下,并且所述电缆不接触所述海床。

8. 如权利要求7所述的电缆组件,所述电缆组件还包括第二锚,所述第二锚在所述第二漂浮区段与所述电缆的第二端之间连接到所述电缆。

9. 如权利要求5所述的电缆组件,其中,当所述电缆的第一端未连接到所述第一浮动平台时,所述电缆的所述第一端悬于水柱中。

10. 一种系统,所述系统包括:

第一浮动平台;

第二浮动平台;以及

电缆组件,所述电缆组件能够连接在所述第一浮动平台与所述第二浮动平台之间,所述电缆组件包括:

电缆;以及

第一漂浮区段,所述第一漂浮区段连结到所述电缆,其中:

所述第一漂浮区段被配置为提供浮力,使得当所述电缆连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台时,所述第一漂浮区段在水下,并且所述电缆不接触海床。

11. 如权利要求10所述的系统,其中:

所述第一浮动平台包括第一浮动风力涡轮机平台;

所述第二浮动平台包括第二浮动风力涡轮机平台;并且

所述电缆包括绝缘导电电缆,所述绝缘导电电缆的尺寸被设计成传导至少所述第一浮动风力涡轮机平台的电力生产。

12. 如权利要求10所述的系统,其中:

所述第一漂浮区段被配置为提供浮力,使得当所述电缆连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台时,所述电缆不接触所述海床并且所述第一漂浮区段浮在水下,使得所述第一漂浮区段朝向海面凸出。

13. 如权利要求12所述的系统,其中:

所述第一漂浮区段包括第一多个漂浮模块,每个模块连接到所述电缆并且所述第一多个漂浮模块沿着所述电缆的第一区段分布。

14. 如权利要求12所述的系统,所述系统还包括第二漂浮区段,所述第二漂浮区段连结到所述电缆,其中所述电缆的第二区段位于第一漂浮组件与第二漂浮组件之间,其中:

所述第二漂浮区段被配置为提供浮力,使得当所述电缆连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台时,所述第一漂浮区段和所述第二漂浮区段都浮在水下并且所述电缆不接触所述海床;并且

所述第二漂浮区段浮在水下,使得所述第二漂浮区段朝向所述海面凸出。

15. 如权利要求14所述的系统,所述系统还包括:第一锚,所述第一锚在所述电缆的所述第二区段内连接到所述电缆。

16. 如权利要求15所述的系统,所述系统还包括:末端漂浮模块,所述末端漂浮模块连接到所述电缆的第一端,其中所述电缆的第三区段位于所述末端漂浮模块与所述第一漂浮区段之间,其中:

所述末端模块被配置为提供浮力,使得当所述电缆的所述第一端未连接到所述第一浮动平台时,所述末端模块浮在水面,并且所述第一漂浮组件和所述第二漂浮组件在水下,并且所述电缆不接触所述海床。

17. 如权利要求16所述的系统,所述系统还包括第二锚,所述第二锚在所述第二漂浮区段与所述电缆的第二端之间连接到所述电缆。

18. 一种用于在第一浮动平台与第二浮动平台之间提供电连接的方法,所述方法包括:

提供电缆组件,所述电缆组件能够连接在所述第一浮动平台与所述第二浮动平台之间,所述电缆组件包括:

电缆;以及

第一漂浮区段,所述第一漂浮区段连结到所述电缆,其中:

所述第一漂浮区段被配置为提供浮力,使得当所述电缆连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台时,所述第一漂浮区段在水下,并且所述电缆不接触海床;以及
将所述电缆组件连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台的电连接部。

19. 如权利要求18所述的方法,其中:

所述第一漂浮区段被配置为提供浮力,使得当所述电缆连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台时,所述电缆不接触所述海床并且所述第一漂浮区段浮在水下,使得所述第一漂浮区段朝向海面凸出。

20. 如权利要求19所述的方法,其中:

所述第一漂浮区段包括第一多个漂浮模块,每个模块连接到所述电缆并且所述第一多个漂浮模块沿着所述电缆的第一区段分布。

21. 如权利要求19所述的方法,所述方法还包括:

提供第二漂浮区段,所述第二漂浮区段连接到所述电缆,其中所述电缆的第二区段位于第一漂浮组件与第二漂浮组件之间,其中:

所述第二漂浮区段被配置为提供浮力,使得当所述电缆连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台时,所述第一漂浮区段和所述第二漂浮区段都在水下并且所述电缆不接触所述海床;并且

所述第二漂浮区段浮在水下,使得所述第二漂浮区段朝向所述海面凸出。

22. 如权利要求21所述的方法,所述方法还包括:

提供第一锚,所述第一锚在所述电缆的所述第二区段内连接到所述电缆;

提供第一末端漂浮模块,所述第一末端漂浮模块连接到所述电缆的第一端,其中所述电缆的第三区段位于所述末端漂浮模块与所述第一漂浮区段之间,其中:

所述第一末端模块被配置为提供浮力,使得当所述电缆的所述第一端未连接到所述第一浮动平台时,所述第一末端模块浮在水面,并且所述第一漂浮组件和所述第二漂浮组件在水下,并且所述电缆不接触所述海床;以及

将所述电缆的所述第一端与所述第一浮动平台断开,从而允许所述第一末端模块浮在水面。

23. 如权利要求22所述的方法,所述方法还包括:

提供第二锚,所述第二锚在所述第二漂浮区段与所述电缆的第二端之间连接到所述电缆;

提供第二末端漂浮模块,所述第二末端漂浮模块连接到所述电缆的所述第二端,其中所述电缆的第五区段位于所述第二末端漂浮模块与所述第二漂浮区段之间,其中:

所述第二末端模块被配置为提供浮力,使得当所述电缆的所述第二端未连接到所述第二浮动平台时,所述第二末端模块浮在所述水面,并且所述第一漂浮组件和所述第二漂浮组件在水下,并且所述电缆不接触所述海床;以及

将所述电缆的所述第二端与所述第二浮动平台断开,从而允许所述第二末端模块浮在所述水面。

用于浮动平台的阵列间电缆

[0001] 相关案件的交叉引用

[0002] 本申请要求2020年8月21日提交的名称为“Inter-Array Cable For Floating Platforms”的美国临时专利申请No.63/068,486的优先权,所述美国临时专利申请在此以引用的方式并入。

[0003] 本申请涉及:2015年10月27日提交的名称为“Connection System For Array Cables Of Disconnectable Offshore Energy Devices”的美国专利申请No.14/924,448,现在为美国专利No.10,421,524;2015年10月27日提交的名称为“Connection System For Array Cables Of Disconnectable Offshore Energy Devices”的PCT申请No.PCT/US15/57636;以及2019年9月12日提交的名称为“Floating Electrical Connection System For Offshore Energy Devices”的美国专利申请No.16/568,798,现在为美国专利No.10,858,075,以上文献中的每一者在此以引用的方式并入。

背景技术

[0004] 本申请涉及离岸能源转换器单元。具体地,本文公开的技术提供了离岸能源农场的各个离岸能源转换器单元之间的电连接。

[0005] 浮动离岸能源农场,例如,浮动风力涡轮机平台(FWTP)能源农场,可以包括一百个单独的FWTP,每个FWTP与下一个FWTP相隔数千米。由单个FWTP生成的电力可以是10MW或更多,并且此类电力必须传输到岸上,通常通过传输多个FWTP的电力的电缆来传输。在固定到海床上的平台上选择FWTP的一个因素是海洋的深度。通常针对深水选择FWTP,这使得去往FWTP之间的海床的电缆实际上非常长。此外,由于不断变化的海洋条件,每个FWTP都会经历动态运动,这增加了必要的电缆长度和电缆必须承受的应力。此外,FWTP能源农场的预期寿命可达数十年。

[0006] 因此,需要一种解决所述独特问题的用于电连接浮动平台的电缆。

附图说明

[0007] 在附图中举例而非限制地说明实施方案,在附图中:

[0008] 图1是绘示用于浮动平台的阵列间电缆(IAC)的一个实施方案的侧视图的示意图;

[0009] 图2是绘示用于浮动平台的阵列间电缆(IAC)的一个实施方案的侧视图的示意图;

[0010] 图3是绘示用于浮动平台的阵列间电缆(IAC)的一个实施方案的侧视图的示意图;

[0011] 图4是绘示用于浮动平台的阵列间电缆(IAC)的一个实施方案的侧视图的示意图;

[0012] 图5是绘示用于浮动平台的阵列间电缆(IAC)的一个实施方案的侧视图的示意图;

[0013] 图6是绘示用于浮动平台的阵列间电缆(IAC)的一个实施方案的侧视图的示意图;

[0014] 图7是更详细地绘示图6的所指示区段的各方面的示意图;

[0015] 图8是绘示用于浮动平台的阵列间电缆(IAC)的一个实施方案的各方面的部分透视图;

[0016] 图9是更详细地绘示图6的所指示区段的图;

- [0017] 图10是绘示用于浮动平台的阵列间电缆(IAC)的一个实施方案的各方面的部分透视图;
- [0018] 图11是绘示用于浮动平台的阵列间电缆(IAC)的一个实施方案的各方面的部分透视图;
- [0019] 图12是绘示用于浮动平台的阵列间电缆(IAC)的一个实施方案的各方面的部分透视图;
- [0020] 图13是绘示用于浮动平台的阵列间电缆(IAC)的一个实施方案的各方面的部分透视图;
- [0021] 图14是绘示用于浮动平台的阵列间电缆(IAC)的一个实施方案的各方面的部分透视图;以及
- [0022] 图15是绘示用于浮动平台的阵列间电缆(IAC)的一个实施方案的各方面的部分透视图。

具体实施方式

[0023] 离岸能源农场可以包括100个或更多浮动平台,诸如FWTP,每个单元配备有能源生产源,例如,产生10MW的风力涡轮机,从而为整个农场提供1GW的总电力容量。此类农场可以安装在深度超过800m的离岸水域中。

[0024] 阵列间电缆(IAC)是电连接两个FWTP的电缆。在深水中,避免IAC触碰FWTP之间的海床(“触地”)确实是有好处的。首先,无需在两个平台之间的海床上进行铺设显著缩短了电缆长度。其次,增加水深会增加FWTP连接处的电缆静张力,因为增加的悬置电缆的长度会增加重量。

[0025] IAC在FWTP之间悬置的配置不受此现象影响,因为它与测深不相关。这还意味着悬置的IAC布置不必考虑海床的不规则性,并且可以比风力农场更加标准化,其中主要设计驱动因素是FWTP单元间距。

[0026] 在一个实施方案中,IAC组件和系统是基于悬置配置,其中电缆从不与海床接触。浮力元件被夹在电缆长度上的六个不同区段上。施加到电缆的特定区段的额外的净浮力具有两个主要优点。首先,它通过减小悬置的电缆的重量来减小FWTP连接处的静张力。其次,它提供了几何灵活性,使IAC能够适应较大的FWTP运动。这种配置是一种有多个“惰性波浪”的“浮动惰性波浪”。

[0027] 系统概述

[0028] 在实施方案中,电缆组件使用配备有配件并且结合了一些或所有以下特征的IAC促进了FWTP之间的电连接:在FWTP之间的IAC的水下浮动;使用专用于IAC的系泊系统(称为系绳,其包括锚)对IAC进行位置控制;适应涡轮机操作期间的平台运动和不断变化的气象海洋条件;IAC安装顺序与可能在FWTP安装之前或之后安装IAC的解耦,其中在FWTP之前安装可能使用表面浮标或浮动I型管(FIT)以有助于定位电缆端部,或允许电缆端部悬挂在水柱中;在FWTP计划断开或FWTP站保持系统(SKS)故障的情况下对IAC的受控释放和站保持。SKS一般包括通过系绳附接的锚。

[0029] 在本公开提及多惰性波浪安装的地方,它是指设计研究。

[0030] 使用中系统概述

[0031] 图1是绘示用于浮动平台的阵列间电缆(IAC)组件100a的一个实施方案的侧视图的示意图。在图1中,IAC组件100a在使用中,连接在FWTP 30与FTWP 40之间。FWTP 30、40分别由SKS 50、60维持在适当位置。IAC组件被示出为在水下并悬置在海平面10与海床20之间。在图1中,IAC组件100a被示出为包括绝缘导电电缆110、浮力组件120和包括锚140的系绳130的SKS。为了便于讨论,电缆区段110a…110g描绘电缆110的分立区段,浮力组件120a…120f是指特定浮力组件120,系绳130a、130b是指特定系绳130,并且锚140a、140b是指特定锚140。此模式用于在全文泛指要素或特定要素。与一个要素相关的公开内容通常适用于那个要素的每个特定示例,并且与特定要素相关的公开内容还适用于那个要素的一般群体,除非另有规定。虽然图1中描绘了六个浮力组件120,但如图4和图5中所示,IAC组件100a的实施方案可包括更多或更少的浮力组件120。

[0032] 在图1的实施方案中,由装配在电缆110a上的浮力组件120提供IAC组件100a的波形,在若干区段上给予电缆110a浮力(区段的数量取决于地点,这里在图1上有六个区段)。这种“惰性波浪”形状为系统提供机械顺应性,允许FWTP 30、40的相对运动。在一个实施方案中,可将IAC组件100a的深度建立成低于波浪作用区以及在当前负载可被最小化的范围内。系绳130约束由于气流或风而引起的IAC横向运动。当至少一端未连接到FWTP时,系绳130还有助于控制IAC组件100a的位置(参见以下部分)。在浮力模块被配置为向电缆提供净浮升力的情况下,系绳130还可用于提供竖直约束。在一个实施方案中,可以使用在以下交叉引用案例中公开的被称为浮动I管(FIT)的概念来制作与FWTP结构的接口:美国专利No.10,421,524,其以引用的方式并入。

[0033] 在实施方案中,电缆110可包括任何合适的导体,但通常考虑两种类型的电缆,一种电缆具有铝(Al)电源芯和钢铠装线层,并且第二种电缆具有铜(Cu)芯和钢铠装线层。由于铝在水中的重量较轻,因此与基于铜导体的电缆相比,铝需要更小的浮力。铜芯由于其良好的抗疲劳性和电性质,是行业中用于动态电缆的最标准选择。铜的主要缺点是这种元素的高成本和重量性质。

[0034] 在一个实施方案中,一种或两种电缆可以是干式设计和XLPE绝缘的。承受此类载荷所需的铠装可能比通常为标准浅水应用选择的铠装更坚固。由于此类技术的成熟,钢铠装线可能比诸如碳纤维铠装的更先进的解决方案更受欢迎。由于铝芯的内径增加,这种电缆的设计可能仅基于更少(例如,四层而不是五层)的铠装线。所述层被选择为提供两种电缆的相似的机械强度。

[0035] 在一个实施方案中,两种电缆都可以是湿式设计,因为干式设计所需的防水材料通常具有较差的疲劳强度,这使得湿式设计被推荐用于动态环境。

[0036] 在一个实施方案中,可将两种电缆的性质选择为承受例如300kN的计划安全设计张力,由于这是基于与浮动平台的连接处的负载,所以这对于每种电缆是常见的。因此,铝电缆的面积可为 800mm^2 ,直径为0.172m,空气中的线性重量为55.2kg/m,并且水中的线性重量为31.4kg/m,而铜电缆面积可为 630mm^2 ,直径为0.166m,空气中的线性重量为57.8kg/m,并且水中的线性重量为35.6kg/m。

[0037] 重要的是要注意,不存在标准化的电缆,因为它们是针对特定项目的,且因此电缆制造商通常会为手头的应量身定制海底电力电缆。因此,特定安装的电缆参数是基于安装的设计、操作和环境参数来确定的。

[0038] 对于平台间距较远(超过1海里)且在深水环境(例如,1000m以上)的海上风力农场,电缆所需的张力的安全工作载荷被设置为300kN。此值是在设计筛选之前基于电缆在最坏的触地和悬置配置中应能够承受的预期动态装载来选择的。

[0039] 在一个实施方案中,在浮动风力涡轮机平台之间连接有2580m的铝电缆110(800mm²)的情况下,分布在100m的缆线110上的浮力模块700(图7)的浮力组件120位于沿着电缆的240m、640m、1040m、1440m、1840m和2240m处,其达到541m的最大深度。在一个实施方案中,在浮动风力涡轮机平台之间连接有2570m的铜电缆110(630mm²)的情况下,分布在115m上的浮力模块700(图7)的浮力组件120位于沿着电缆的240m、635m、1030m、1425m、1820m和2215m处,其达到518m的最大深度。

[0040] 关于电缆110的实施方案,电缆的内部部件(例如,铠装层)未在关于表2和表3所讨论的模拟中建模。那些模拟是基于电缆的整体性质,包括(例如)总直径、重量和刚度。因此,如果一个模拟假设这些整体性质将可能通过(X)数量的铠装层和第一内线直径来实现,而第二个模拟假设这些相同性质有可能通过(Y)数量的铠装层和第二内线直径来实现,则两者的模拟将显示相似的结果。换句话说,讨论铠装层的数量是对电缆横截面将如何显现的考虑,但不影响模拟。

[0041] 因此,在不脱离本说明书的教导的情况下,电缆110的实施方案可以具有不同数量的铠装层,例如1到6层。系统预安装概述

[0042] 图2是绘示用于浮动平台的IAC组件100a的一个实施方案的侧视图的示意图。图2描绘了在安装FWTP 30、40之前或在移除它们之后的IAC组件100a的各方面。作为FWTP 30、40的代替,SKS 50、60连接到拾取辅助装置250、260,所述拾取辅助装置可以是简单的浮力模块,用来防止系绳端下沉。在所述实施方案中,拾取辅助装置250、260被示出为悬置在水面10下方,例如以防止潜在的碰撞。图2绘示附接至电缆110a的端部的拾取辅助装置210a、210b。在实施方案中,拾取辅助装置210可包括简单的水面浮标或FIT。在实施方案中,拾取辅助装置210将电缆110的端部维持在水面10处以易于取回,并且它们本身通过包括锚214(214a、214b)的系绳212(212a、212b)锚定到海床20,以将电缆端部的位置维持在相关FWTP的位置附近。拾取辅助装置210被示出为漂浮在水面10处,这是因为拾取辅助装置210位于相对靠近FWTP的适当位置,并且因为使电缆110的端部保持干燥一般更好。图2绘示了可以在安装FWTP 30、40之前铺设IAC组件110和SKS 50、60。在IAC组件100a连接到FWTP 30、40之后,移除临时锚以允许IAC组件100a的端部随着FWTP的移动而自由行进。

[0043] 在图2中,值得注意的是,不存在FWTP 30、40。拾取辅助装置210(例如,FIT或水面浮标)等待FWTP的安装。因此,实施方案提供将在系泊或安装FWTP之前或之后安装IAC组件100a。换句话说,IAC组件100a可以按与系泊安装和平台安装两者解耦的顺序来安装。如图2中所示,可以暂时丢弃IAC组件100a并使用浮力模块组件120和拾取辅助装置210使其浮动,同时使用永久系绳130和临时系绳212连接到海床。

[0044] 系统临时布置

[0045] 图3是绘示用于浮动平台的IAC组件100a的一个实施方案的侧视图的示意图。图3描绘了其中FWTP 30已经临时断开连接的使用中的IAC组件100a、100b。IAC组件100b与IAC组件100a相同,并且包括与电缆110相同的电缆112、与浮力组件120相同的浮力组件122和与系绳130相同的系绳。IAC组件100b连接到具有SKS 70的FWTP 35。图3的布置允许断开

FWTP 30,同时通过在拾取辅助装置210a的FIT版本(FIT 210a)内连接电缆110a、110b来维持风力农场的其余部分上的电气连续性。例如,FWTP 30可以被拖到造船厂进行维修,并通过在FIT 210a内连接电缆110a、110b来维持电气连续性。在FWTP 30返回时,FWTP可重新连接到SKS 50,可将FIT 210a带上船并重新连接到FWTP 30的涡轮机,并且FIT 210a的临时系绳可被断开并收起(或配备有拾取辅助装置)。

[0046] 系统的故障保险特征

[0047] 图3绘示了由与电缆110相关联的系绳130和与FIT 210a相关联的系绳提供的系统的故障保险特征。如图3中所示,来自FWTP 1的IAC组件100a和来自FWTP 3的IAC组件100a已经在FIT内部电连接。在系绳保持在适当位置的情况下,FIT保持定位以等待FWTP 2的返回。

[0048] 图4是绘示用于浮动平台的IAC组件400的一个实施方案的侧视图的示意图。对IAC组件100a和浮力组件120的描述适用于IAC组件400和浮力组件420,浮力组件的数量除外。图4绘示了IAC组件400仅包括一个浮力组件420,所述一个浮力组件将电缆110分成较大的区段410a、410b。浮力组件420相对大于每个浮力组件120,因为组件420经过优化以将电缆110支撑在海床上方和海面下方。如表2和表3中所见,其中,浮力组件420提供的总浮力小于浮力组件120的总和。

[0049] 图5是绘示用于浮动平台的IAC组件500的一个实施方案的侧视图的示意图。对IAC组件100a和浮力组件120的描述适用于IAC组件500和浮力组件520,浮力组件的数目除外。图5绘示了IAC组件500可以包括两个浮力组件520a、520b,所述两个浮力组件将电缆110分成较大的区段510a、510b、510c。每个浮力组件520相对大于每个浮力组件120,因为组件520经过优化以将电缆110支撑在海床上方和海面下方。如表2和表3中所见,其中,浮力组件520提供的总浮力小于浮力组件120的总和。

[0050] 图6是绘示用于浮动平台的IAC组件100a的一个实施方案的侧视图的示意图。在图6中,示例性间距602是2,000m,示例性最大深度604是500m,并且示例性波浪作用深度606是75m。图6与图1至图3的比较说明单独的浮力组件120可以在安装有IAC组件100a的情况下浮在不同的深度处。不同的深度可能是由于多种因素,包括(例如):由给定浮力组件120支撑的电缆100a的距离;不同浮力组件120的不同浮力;电缆区段110a、110b与FWTP 30、40的连接处的张力;以及生物定植(海洋生物)对电缆区段的影响。因此,图1显示了IAC组件100a的浮力模块120a...120f在水下在相对一致的深度,致使IAC组件100a呈现相对线性的形状,而图2显示了不同深度处的浮力模块120a...120f,致使IAC组件100a呈现弓形,而图6显示了不同深度处的浮力模块120a...120f,致使IAC组件100a呈现倒弓形。

[0051] 然而,图1、图2和图6中的浮力组件120全都说明了一个共同特征——它们具有朝向IAC组件100的表面侧凸出的弓形。因此,每个浮力组件120和电缆110在任一侧上的未支撑区段都会向IAC 100传递轻微的波浪——“惰性波浪”。每个惰性波浪向IAC组件100提供一个松弛元素,这又允许IAC组件100适应FWTP 30、40的预期移动,而不会经历过大的张力。

[0052] 图6进一步绘示浮力区段120a...120f沿着电缆110分布并且具有浮力,使得每个区段都在波浪作用区606下方。波浪作用区606根据特定位置处的特定环境和地理特征而不同。将浮力组件120配置成具有浮力而不是使它们在水下浮在波浪作用区606下方可通过减少由于波浪作用引起的水流而导致的浮力组件120的移动来减少电缆110的疲劳。

[0053] 图7是更详细地绘示图6的所指示区段的各方面的示意图。图7绘示了浮力组件120

可以包括连接到电缆110的单独的浮力模块700。图7绘示了连接到电缆110的三个浮力模块700a…700c,但是在实施方案中,所述数目可以根据由特定浮力模块提供的浮力和所需的总浮力而变化。例如,图7绘示了每个浮力组件120可以具有11个浮力模块。图6绘示浮力模块700具有直径702、长度704和间距706。在一个实施方案中,在相同的浮力分布在较大的区段上的情况下大于5m的间距产生更好的结果。

[0054] 图8是绘示浮力模块700的一个实施方案的一部分的图。在图8中,浮力模块700被示出为没有主体810的第二半部。浮力模块700包括起吊孔802、固定带804、内部夹具806和两个张紧组件808。主体810的缺失的第二半部将是在张紧组件808内的所绘示的半部的镜像,从而覆盖电缆110和夹具806。

[0055] 在一个实施方案中,示例性浮力模块700可以具有:1.3m的外径702、1.2m的长度704、 $350\text{kg}/\text{m}^3$ 的密度、10m的间距706以及约1600kg的排水量(铜电缆比铝电缆略高)。

[0056] 在一个实施方案中,浮力模块700可以是填充有浮力材料并且沿着电缆110的区段分布的圆柱形聚乙烯结构(通常为惰性波浪配置)。依据水深,可以使用不同的化学材料和/或比例来填充模块。每个浮力模块700将向上的推力施加到电缆以减小张力,尤其是在悬挂时。根据选定的IAC配置的要求,建立特定电缆区段上的所需的净浮力量。基于这些要求,可以执行优化,以为模块选择最具成本效益和技术性能的设计。在实施方案中,可以使用其他类型的浮力模块,例如,浮标可以以类似于浮力组件120中的浮力模块700的分布式布置的布置附接到电缆110。

[0057] 此外,在实施方案中,可以通过以其他方式向电缆110的区段添加浮力,例如通过向电缆添加漂浮涂层,来使所述区段漂浮。

[0058] 图9是更详细地绘示图6的所指示区段的图。图9绘示例如在使FWTP 30回到FWTP 34、40之间的位置(参见图3)之后,FIT 900(其与参考拾取辅助装置210描述的FIT相同)可用于将电缆110连接到FWTP 30以及将电缆112连接到FWTP 30。在图9中,FWTP 30被示出为包括横梁32、34。FIT 900通过支架附接到横梁32、34。电缆区段110a通过连接到弯曲加强件插座908a的弯曲加强件910a进入FIT 900。电缆110a在FIT 900的浪溅区(或FIT主体)906内延伸至悬挂和连接器外壳,电缆110a在所述悬挂和连接器外壳内连接到来自能源产生装置(例如,风力涡轮发电机)的电缆布线902。电缆区段112g以类似方式布线并连接到电缆布线902。

[0059] 如图9中所示,FIT 900在正常操作期间刚性地附接到FWTP 30。为使FIT 900与FWTP 30断开连接,FIT 900将降低到其浮动吃水深度,与支架断开连接,且然后用小型支援船将其拉离FWTP 30。这仅在FWTP 30站保持系统断开连接时才需要。FIT 900被设计成支持两条或更多条电缆,而FWTP 30在岸上进行操作和维护活动。在部署之前,FIT 900的封闭舱可能被加压以保证所需的浮力。在主要操作和维护操作之后,可使FWTP 30到达位置并临时连接到SKS 70。然后颠倒断开连接的过程,其中用小船将FIT 900推回平台。位于FWTP 30底部处的防撞垫将引导FIT 900就位并抑制其运动。FWTP 30机载绞盘可用于拉起FIT 900。绞盘上的张力将依据水深和IAC组件而变化。

[0060] 图10是绘示FIT 900的各方面的图,诸如电缆区段110进入弯曲加强件910,穿过连接到内管1002的闩锁机构908,所述内管本身在浪溅区906内延伸。区段1000指示FWTP 30的柱的底部的相对位置,例如,水截留板可能位于的位置。

[0061] 图11绘示了穿过弯曲加强件910延伸的电缆区段110。在一个实施方案中,弯曲加强件910是圆锥形/锥形元件,通常由聚氨酯制成,并且用于增加电缆110的局部过渡刚度,以将曲率和弯曲应力保持在容许的限度内,这防止疲劳和过度弯曲故障。弯曲加强件910适合于动态负载。通常在FIT的电缆入口处需要弯曲加强件。

[0062] 图12是绘示IAC组件100的一个实施方案的各方面的图。在图12中,引入头1200被示出为附接到电缆110的末端。引入头1200是IAC组件100的临时附加件,用于将电缆的顶端提升到平台上的所需位置。引入头1200被设计成承受安装载荷和 underwater 环境,并且允许电缆110被拉过弯曲加强件910、加强件插座908和管1002而不对电缆或其部件中的任一者造成任何损坏。每个IAC组件100需要两个引入头以便执行第一端和第二端引入操作。移除引入头1200以允许电缆区段110a电连接到电缆布线902。

[0063] 在一个实施方案中,拾取辅助装置210可以包括浮标或一个或多个浮力模块700,来代替FIT 900。例如,当在FWTP 30之前部署IAC组件100时,可以使用这种布置。因此,拾取辅助装置210将把引入头1200维持在水面并且能够接近以用于将电缆110拉过FIT 900。

[0064] 图13是绘示FIT 900的各方面的图。图13绘示了悬挂装置1300,电缆区段110通过所述悬挂装置显露以连接到电缆布线902。悬挂装置1300位于悬挂和连接器外壳904内的内部管道1002的顶部。悬挂装置1300是一种组件,其通过凸缘连接到管1002的顶部,以在电缆110到达电缆布线902的电连接部1506(图15)之前在FWTP 30上的悬挂点处支撑电缆110。

[0065] 图14是绘示FIT的一个实施方案的各方面的图。在图14中,闩锁机构908被示出为将弯曲加强件910连接到内管1002。闩锁机构908是使用刚性连接将弯曲加强件910锁定到管1002的机构,所述刚性连接将弯曲剪切和弯曲力矩载荷从电缆110传递到FIT 900。在一个实施方案中,弯曲加强件可以直接连接到内管1002。

[0066] 图15是绘示FIT的一个实施方案的各方面的图。在图15中,FIT 900被示出为使用夹紧系统1502连接到FWTP 30。通过移除悬挂和连接器外壳904而暴露悬挂装置1300。电缆区段110a连接到电连接部1506,电缆布线902可以连接到所述电连接部。接线盒盖1504可降低到连接部1506上方以密封FIT 900并提供浮力。电缆112(为清楚起见未示出)将配备有它自己的悬挂装置1300和连接部1506。电缆110和电缆112都被接线盒盖1504覆盖。

[0067] FIT 900在例如较大维护操作的情况下提供电缆110、112的快速连接和重新连接。连接部1506可以是高压T型连接器(例如,如Nexans或NKT目录中所描述的)。在实施方案中,两条或更多条电缆110可在FIT 900内布线并连接到电缆布线902,如电缆110所示。如果需从风力农场移除FWTP 30,则电缆布线902可以与连接部1506断开,并且将接线盒盖1504密封到FIT 900,使FIT 900准备好部署在海上。

[0068] 系统的故障保险特征

[0069] 在FWTP PSKS(例如,SKS 60)故障的情况下,可能会从经历大位置变化的FWTP释放IAC组件100。然后,FIT 900和浮力组件120的浮力使IAC组件100a远离海床,并且系绳130和212确保FIT 900保持在距原始FWTP位置的小偏移范围内,而不会漂向其他资产。由于多根系绳130、140,一根系绳的故障不会导致IAC组件漂过风力农场。

[0070] 在一个实施方案中,可以在连接组件中装配弱链,例如,装配在悬挂装置1300处以允许电缆的紧急释放。如果发生将触发超过安全容许张力极限的高电缆张力的事故(诸如渔网或断裂的系泊线情景),则弱链可能会在FIT 900或SKS 60出现损坏之前释放并解开电

缆110。

[0071] 在实施方案中,特别是在FWTP被移除的情况下,连接到IAC组件100的系绳130、140控制IAC组件100的位置。系绳的使用有助于保持IAC组件100与FWTP系泊线分离。在上段,系绳130、140可包括用于将系绳附接到IAC组件100的连接器。系绳的大部分可以是合成绳索。并且系绳的下段包括锚,诸如重量大于例如10吨的锚。另外,作为一个选项,在系绳点和从漂浮区段到自由端的过渡处使用弯曲加强件或弯曲限制器。

[0072] 实施方案的优点

[0073] 其中讨论的概念的优点包括:与任何IAC都铺设在相连的FWTP之间的海床上的布置相比,农场上的IAC的总长度有所减小;与悬挂装置承受水柱中IAC电缆的整个悬置长度的重量的布置相比,FWTP处的IAC连接上的装载有所减小;与IAC铺设在相连的资产之间的海床上的布置相比,IAC组件100的静水压力额定值有所减小(此优势随着FWTP位置处的水深的增加而增加);与在FWTP连接到SKS之后强制铺设电缆的技术相比,安装顺序较为灵活(IAC组件100a安装是解耦的,并且可以在SKS和/或FWTP之前或之后完成);与需要在连接到FWTP之前将电缆端部临时丢弃在海底上的安装方法相比,临时端部端接部(例如,引入头1200)的静水压力额定值有所减小;与要求FIT将悬置的IAC的全部重量支撑到海底的布置相比,FIT的浮力要求有所降低;与试图通过使用中水拱或深水额定浮力模块或涂层来抑制立管或脐带缆上的触地点力的现有技术相比,简化了必要的设备和安装顺序;更干燥的IAC端接部(安装顺序不涉及深度丢弃IAC,端接部甚至可以在FIT内保持干燥;连续性(在从农场移除一个FWTP单元的情况下,可以维持电气连续性);以及冗余(在SKS故障、IAC连接故障或IAC系绳故障的情况下,栓系的浮动IAC保持在原位并且不会漂过场地)。

[0074] 如上所述,可以在各种方法中使用IAC的实施方案。在一种方法中,可以通过以下方式减小连接两个FWTP所需的电缆长度:使用IAC组件使两个FWTP之间的电缆浮动,而不是让电缆从一个FWTP向下延伸到海底,沿着海底延伸,并且一直延伸到第二FWTP。在方法的一个实施方案中,IAC组件被设计成使得主要漂浮和系绳区段,例如由初始和最终浮力组件120界定的电缆110的区段,定位在波浪作用区下方的水柱中,并且潜在地在当前负载和可能由海洋生物引起的重量会减小的水深处。

[0075] 在一种方法中,通过以下方式来减小与电缆附接到FWTP相关联的重量:使用IAC组件使两个FWTP之间的电缆浮动,而不是让电缆从FWTP向下延伸到海底。在所述方法中,与在电缆从FWTP悬置到海底的情况下所需的连接器的承载要求相比,使用减重来降低从IAC组件到FWTP的连接器的承载要求。

[0076] 在一种方法中,通过以下方式来减小拾取辅助装置(例如,浮标或FIT)所需的浮力:使用IAC组件使两个FWTP之间的电缆浮动,而不是让电缆从FWTP向下延伸到海底。

[0077] 在一种方法中,通过以下方式来降低两个FWTP之间的电缆中所需的环境保护(密封)程度:使用IAC组件使两个FWTP之间的电缆浮动,而不是让电缆从FWTP向下延伸到海底。

[0078] 在一种方法中,在第一步骤中,IAC组件可以安装在第一位置与第二位置之间,其中所述第一位置和所述第二位置被指定用于FWTP。在第二步骤中,可以将第一FWTP和第二FWTP安装在所述第一位置和所述第二位置处。在此方法中,第一步骤和第二步骤的顺序可以颠倒。

[0079] 在一种方法中,在一个步骤中,IAC组件可以安装在第一位置与第二位置之间,其

中所述第一位置和所述第二位置被指定用于FWTP。在第二步骤中,可以将SKS安装在所述第一位置和所述第二位置中的每一者处。在第三步骤中,可以将第一FWTP和第二FWTP安装在所述第一位置和所述第二位置处。在此方法中,所述第一步骤可以在任何其他步骤之前或之后执行。

[0080] 初步考虑因素

[0081] 在开发本公开的特征时,使用计算机模拟来考虑许多电缆配置。这些包括以下内容。

[0082] 触地配置,其中电缆的中间区段(在两个浮动平台之间)铺放在海床上。从一个平台到下一个平台,电缆从其平台的连接点向下去往海床,然后在海底上铺设一段距离,且最后再次上升到下一个平台的连接点。第一触地配置是悬链。在悬链配置下,电缆自由铺设在水中和平台之间的海床上,除了顶部弯曲加强件外,没有任何海底设备。就硬件和安装成本而言,它在浅水中可能是最经济的配置,但在深水中可能就不是这样了。悬链配置不适合深水应用,因为从平台连接到海床的电缆长度会引起高载荷,而且平台运动仍然与海床上的触地区域中的电缆耦合。第二是悬链漂浮。在悬链漂浮配置下,电缆与悬链配置一样铺设,但浮力模块沿电缆均匀分布,以减小缆线在水中的等效重量,这导致电缆从海床部分地升起,但不会引起惰性波浪。第三是触地惰性波浪,其中水柱中的一段电缆与浮力组件配合成单“惰性波浪”的配置。此解决方案的好处在于它适应在每个方向上的平台运动。缺点包括电缆在触地区域中的潜在压缩,以及如果平台运动相对于水深太大,则电缆可能会在海床上折回。由于其稳健性、简单性和相对低的总成本,此解决方案可能是浅水中的立管和脐带缆应用的首选。

[0083] 非触地配置包括以下内容。U形是最简单的悬置配置,且因此在电缆配件方面是最经济的。在U形的情况下,电缆在悬挂装置之间悬置,除了顶部弯曲加强件之外,没有任何额外的海底设备。U形漂浮,类似于U形,但浮力模块均匀散布在整个电缆长度上,以减小缆线在水中的等效重量,且因此减小电缆张力水平,但不会引起惰性波浪。单浮动惰性波浪,其中浮力组件位于电缆中间位置,以便为悬置解决方案提供波浪配置的几何稳健性并减小电缆张力。多浮动惰性波浪,其中多个浮力组件附接到电缆,其间具有电缆的未被支撑的区段。对于多浮动惰性波浪,需要优化浮力组件的数量和性质,以增强总电缆载荷和运动。通过足够的浮力组件数,多浮动惰性波浪提供了相对于U形和触地惰性波浪解决方案的优势。表1概括了配置和初步考虑因素。

[0084] 表1,初步考虑因素

配置	U形	U形漂浮	单浮动惰性波浪	多浮动惰性波浪	触地惰性波浪	悬链	悬链漂浮
[0085] 触地接触	否	否	否	否	是	是	是
浮力	否	是	是	是	是	否	是
电缆长度	短	短	短	短	长	长	长
压缩	否	否	否	否	可能	可能	可能
张力	中	低	中	低	中	高	低
平台动态顺应性	低	低	中	高	高	低	低

[0086] 静态筛选

[0087] 筛选的第一步骤是使用进一步的计算机模拟来聚焦在静态考虑因素上。在相同条件下比较所述七种配置,将不再赘述。

[0088] 表2呈现了针对所述七种配置中的每一者的静态筛选的结果。U形和悬链两种配置在此阶段被否,因为其不可能实现最大电缆张力低于300kN的解决方案,该解决方案是为安全容许工作载荷选择的标准。

[0089] 此外,单浮动惰性波浪解决方案被否,因为最大张力在静态接近设计极限,并且预期在转变为动态模拟时会增加。

[0090] 因此,选择继续进行筛选过程中的下一个动态步骤的解决方案如下:U形漂浮(最低张力结果、最低电缆长度和中等浮力要求);多浮动惰性波浪(低张力结果,低电缆长度和中等浮力要求);悬链漂浮(低张力结果、高电缆长度和最高浮力要求);触地惰性波浪(中等张力结果,最高电缆长度和最低浮力要求)。

[0091] 表2,静态筛选

配置	U形	U形漂浮	单浮动惰性波浪	多浮动惰性波浪	触地惰性波浪	悬链	悬链漂浮
[0092] 电缆总长度 (m)	2300	2400	2366	2470	3606	3800	3300
总浮力 (kg)	0	72463	422700	69745	63403	0	87173
最大张力 (kN)	400	75	246	89	198	400	113

[0093] 动态筛选

[0094] 分析的第二步骤是由针对其余配置选择的动态案例组成。此动态筛选可用于在其余配置之间进行区分。在上一步骤中剩余的四种配置上运行关键动态案例，以评估解决方案的动态行为。还对电缆长度和浮力组件在电缆上的重新分配执行筛选，以针对每种配置的动态行为来优化四种配置。多浮动波浪解决方案被分成三个区段、四个区段、五个区段和六个区段(称为“波浪”)的子解决方案，在中间应用浮力组件。在表3中呈现结果。

[0095] 通过此步骤，由于最大张力过大，U形漂浮和悬链漂浮解决方案均被否。从多个惰性波浪间的不同子解决方案来看，六浮动惰性波浪配置总体上表现最好，具有最佳或接近最佳的结果。因此，在筛选过程中的此步骤结束时的首选解决方案是六浮动惰性波浪(最低电缆载荷、低电缆长度、中等浮力要求)。

[0096] 表3, 动态筛选

配置	U形漂浮	三浮动惰性波浪	四浮动惰性波浪	五浮动惰性波浪	六浮动惰性波浪	触地惰性波浪	悬链漂浮
[0097] 电缆总长度 (m)	2400	2590	2360	2570	2470	3606	3300
总浮力 (kg)	72463	72974	69802	79320	69802	63403	87183
最大张力 (kN)	806	177	228	200	164	242	950

[0098] 请注意，多浮动惰性波浪解决方案通常比触地惰性波浪少1000m的电缆，仅浮力要求略高。虽然浮力组件的最佳数量被确定为是六，但在实施方案中，最佳数量可以大于或小于

于六,这取决于各种技术和经济因素。

[0099] 以下段落包括所列举的实施方案。

[0100] 实施方案1.一种电缆组件,所述电缆组件用于将电力从第一浮动平台传导至第二浮动平台,同时维持电缆组件离开海床并减小电缆与平台连接处的张力,所述电缆组件包括:电缆;以及第一漂浮区段,所述第一漂浮区段连结到所述电缆,其中:所述第一漂浮区段被配置为提供浮力,使得当所述电缆连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台时,所述第一漂浮区段被淹没在海面以下,并且所述电缆不接触所述海床。

[0101] 实施方案2.根据实施方案1所述的电缆组件,其中:所述第一浮动平台包括第一浮动风力涡轮机平台;并且所述电缆包括绝缘导电电缆,所述绝缘导电电缆的尺寸被设计成传导至少所述第一浮动风力涡轮机平台的电力生产。

[0102] 实施方案3.根据实施方案1所述的电缆组件,其中:所述第一漂浮区段被配置为提供浮力,使得当所述电缆连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台时,所述电缆不接触所述海床并且所述第一漂浮区段浮在水下,使得所述第一漂浮区段朝向所述海面凸出。

[0103] 实施方案4.根据实施方案3所述的电缆组件,其中:所述第一漂浮区段包括第一多个漂浮模块,每个模块连接到所述电缆并且所述第一多个漂浮模块沿着所述电缆的第一区段分布。

[0104] 实施方案5.根据实施方案3所述的电缆组件,所述电缆组件还包括第二漂浮区段,所述第二漂浮区段连结到所述电缆,其中所述电缆的第二区段位于所述第一漂浮组件与所述第二漂浮组件之间,其中:所述第二漂浮区段被配置为提供浮力,使得当所述电缆连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台时,所述第一漂浮区段和所述第二漂浮区段均浮在水下,并且所述电缆不接触所述海床;并且所述第二漂浮区段浮在水下,使得所述第二漂浮区段朝向所述海面凸出。

[0105] 实施方案6.根据实施方案5所述的电缆组件,所述电缆组件还包括:第一锚,所述第一锚在所述电缆的所述第二区段内连接到所述电缆。

[0106] 实施方案7.根据实施方案5所述的电缆组件,所述电缆组件还包括:末端漂浮模块,所述末端漂浮模块连接到所述电缆的第一端,其中所述电缆的第三区段位于所述末端漂浮模块与所述第一漂浮区段之间,其中:所述末端模块被配置为提供浮力,使得当所述电缆的所述第一端未连接到所述第一浮动平台时,所述末端模块浮在水面,并且所述第一漂浮组件和所述第二漂浮组件在水下,并且所述电缆不接触所述海床。

[0107] 实施方案8根据实施方案7所述的电缆组件,所述电缆组件还包括第二锚,所述第二锚在所述第二漂浮区段与所述电缆的第二端之间连接到所述电缆。

[0108] 实施方案9.一种系统,所述系统包括:第一浮动平台;第二浮动平台;以及电缆组件,所述电缆组件能够连接在所述第一浮动平台与所述第二浮动平台之间,所述电缆组件包括:电缆;以及第一漂浮区段,所述第一漂浮区段连结到所述电缆,其中:所述第一漂浮区段被配置为提供浮力,使得当所述电缆连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台时,所述第一漂浮区段在水下,并且所述电缆不接触海床。

[0109] 实施方案10.根据实施方案9所述的系统,其中:所述第一浮动平台包括第一浮动风力涡轮机平台;所述第二浮动平台包括第二浮动风力涡轮机平台;并且所述电缆包括绝缘导电电缆,所述绝缘导电电缆的尺寸被设计成传导至少所述第一浮动风力涡轮机平台的

电力生产。

[0110] 实施方案11.根据实施方案9所述的系统,其中:所述第一漂浮区段被配置为提供浮力,使得当所述电缆连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台时,所述电缆不接触所述海床并且所述第一漂浮区段浮在水下,使得所述第一漂浮区段朝向海面凸出。

[0111] 实施方案12.根据实施方案11所述的系统,其中:所述第一漂浮区段包括第一多个漂浮模块,每个模块连接到所述电缆并且所述第一多个漂浮模块沿着所述电缆的第一区段分布。

[0112] 实施方案13.根据实施方案11所述的系统,所述系统还包括第二漂浮区段,所述第二漂浮区段连接到所述电缆,其中所述电缆的第二区段位于所述第一漂浮组件与所述第二漂浮组件之间,其中:所述第二漂浮区段被配置为提供浮力,使得当所述电缆连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台时,所述第一漂浮区段和所述第二漂浮区段均浮在水下,并且所述电缆不接触所述海床;并且所述第二漂浮区段浮在水下,使得所述第二漂浮区段朝向所述海面凸出。

[0113] 实施方案14.根据实施方案13所述的系统,所述系统还包括:第一锚,所述第一锚在所述电缆的所述第二区段内连接到所述电缆。

[0114] 实施方案15.根据实施方案14所述的系统,所述系统还包括:末端漂浮模块,所述末端漂浮模块连接到所述电缆的第一端,其中所述电缆的第三区段位于所述末端漂浮模块与所述第一漂浮区段之间,其中:所述末端模块被配置为提供浮力,使得当所述电缆的所述第一端未连接到所述第一浮动平台时,所述末端模块浮在水面,并且所述第一漂浮组件和所述第二漂浮组件在水下,并且所述电缆不接触所述海床。

[0115] 实施方案16.根据实施方案15所述的系统,所述系统还包括第二锚,所述第二锚在所述第二漂浮区段与所述电缆的第二端之间连接到所述电缆。

[0116] 实施方案17.一种用于在第一浮动平台与第二浮动平台之间提供电连接的方法,所述方法包括:提供能够连接在所述第一浮动平台与所述第二浮动平台之间的电缆组件,所述电缆组件包括:电缆;以及第一漂浮区段,所述第一漂浮区段连接到所述电缆,其中:所述第一漂浮区段被配置为提供浮力,使得当所述电缆连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台时,所述第一漂浮区段在水下并且所述电缆不接触海床;以及将所述电缆组件连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台的电连接。

[0117] 实施方案18.根据实施方案17所述的方法,其中:所述第一漂浮区段被配置为提供浮力,使得当所述电缆连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台时,所述电缆不接触所述海床并且所述第一漂浮区段浮在水下,使得所述第一漂浮区段朝向海面凸出。

[0118] 实施方案19.根据实施方案18所述的方法,其中:所述第一漂浮区段包括第一多个漂浮模块,每个模块连接到所述电缆并且所述第一多个漂浮模块沿着所述电缆的第一区段分布。

[0119] 实施方案20.根据实施方案18所述的方法,所述方法还包括:提供第二漂浮区段,所述第二漂浮区段连接到所述电缆,其中所述电缆的第二区段位于所述第一漂浮组件与所述第二漂浮组件之间,其中:所述第二漂浮区段被配置为提供浮力,使得当所述电缆连接到所述第一浮动平台和所述第二浮动平台时,所述第一漂浮区段和所述第二漂浮区段均在水下,并且所述电缆不接触所述海床;并且所述第二漂浮区段浮在水下,使得所述第二漂浮区

段朝向所述海面凸出。

[0120] 实施方案22. 根据实施方案21所述的方法, 所述方法还包括: 提供第一锚, 所述第一锚在所述电缆的所述第二区段内连接到所述电缆; 提供第一末端漂浮模块, 所述第一末端漂浮模块连接到所述电缆的第一端, 其中所述电缆的第三区段位于所述末端漂浮模块与所述第一漂浮区段之间, 其中: 所述第一末端模块被配置为提供浮力, 使得当所述电缆的所述第一端未连接到所述第一浮动平台时, 所述第一末端模块浮在水面, 并且所述第一漂浮组件和所述第二漂浮组件在水下, 并且所述电缆不接触所述海床; 以及将所述电缆的所述第一端与所述第一浮动平台断开, 从而允许所述第一末端模块浮在所述水面。

[0121] 实施方案23. 根据实施方案22所述的方法, 所述方法还包括: 提供第二锚, 所述第二锚在所述第二漂浮区段与所述电缆的第二端之间连接到所述电缆; 提供第二末端漂浮模块, 所述第二末端漂浮模块连接到所述电缆的第二端, 其中所述电缆的第五区段位于所述第二末端漂浮模块与所述第二漂浮区段之间, 其中: 所述第二末端模块被配置为提供浮力, 使得当所述电缆的所述第二端未连接到所述第二浮动平台时, 所述第二末端模块浮在所述水面, 并且所述第一漂浮组件和所述第二漂浮组件在水下, 并且所述电缆不接触所述海床; 以及将所述电缆的所述第二端与所述第二浮动平台断开, 从而允许所述第二末端模块浮在所述水面。

[0122] 提供前面的描述是为了使本领域的任何技术人员能够实践在本文描述的各个方面。在实施方案中, 在上述实施方案中的各种系统部件的分离不应理解为在所有实施方案中都需要这样的分离。对这些方面的各种修改对于本领域技术人员来说将是显而易见的, 并且可将本文限定的一般原理应用于其他方面。

[0123] 诸如“方面”的措辞并不暗示这个方面是主题技术必不可少的或这个方面适用于主题技术的所有配置。关于方面的公开内容可适用于所有配置或一个或多个配置。诸如方面的措辞可指一个或多个方面, 且反之亦然。诸如“配置”的措辞并不暗示这个配置是主题技术必不可少的或这个配置适用于主题技术的所有配置。关于配置的公开内容可适用于所有配置或一个或多个配置。诸如配置的措辞可指一个或多个配置, 且反之亦然。

[0124] 为本领域技术人员已知或日后将知晓的贯穿本公开描述的各个方面的要素的所有结构和功能等同物明确以引用的方式并入本文。

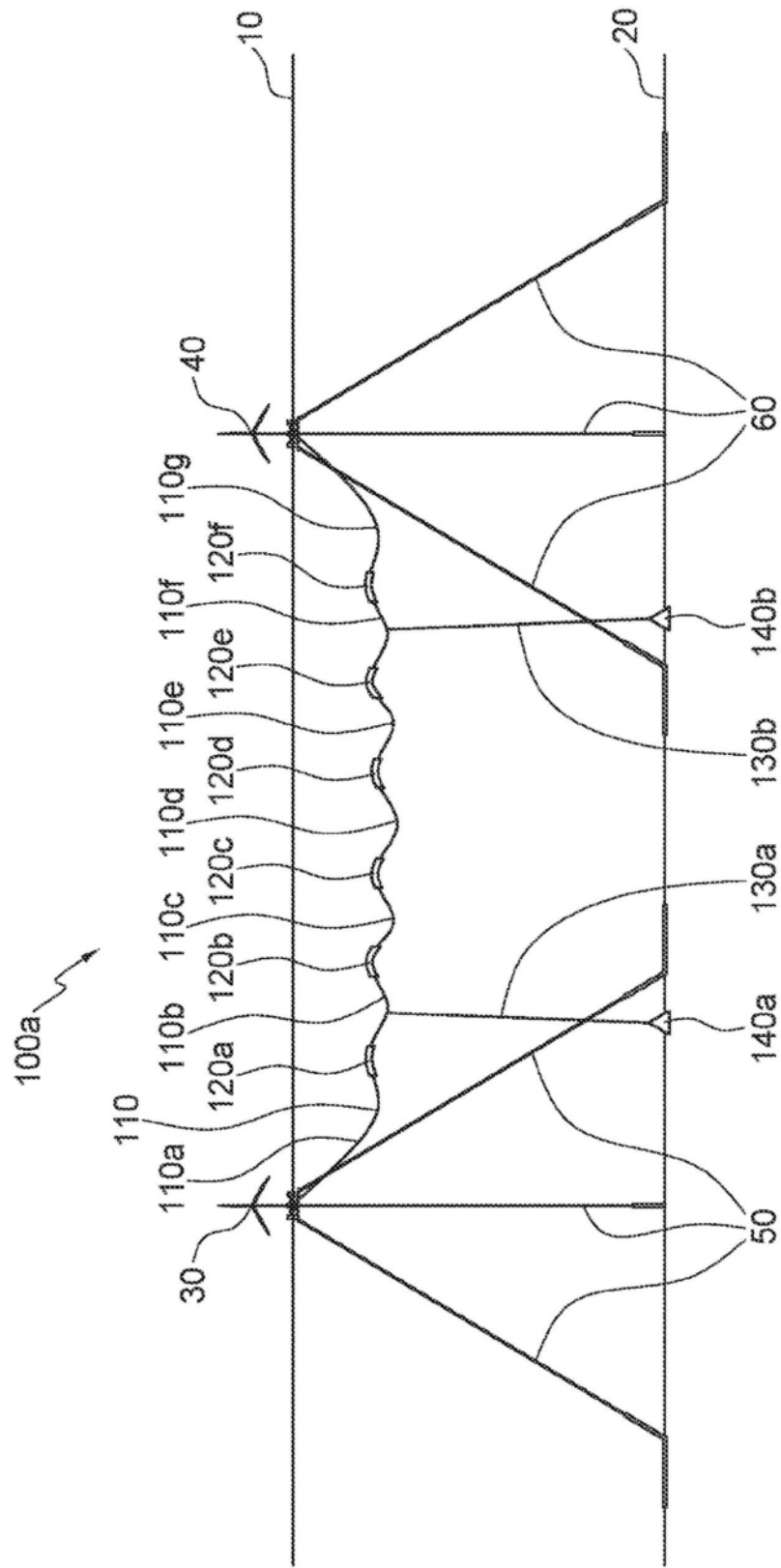


图1

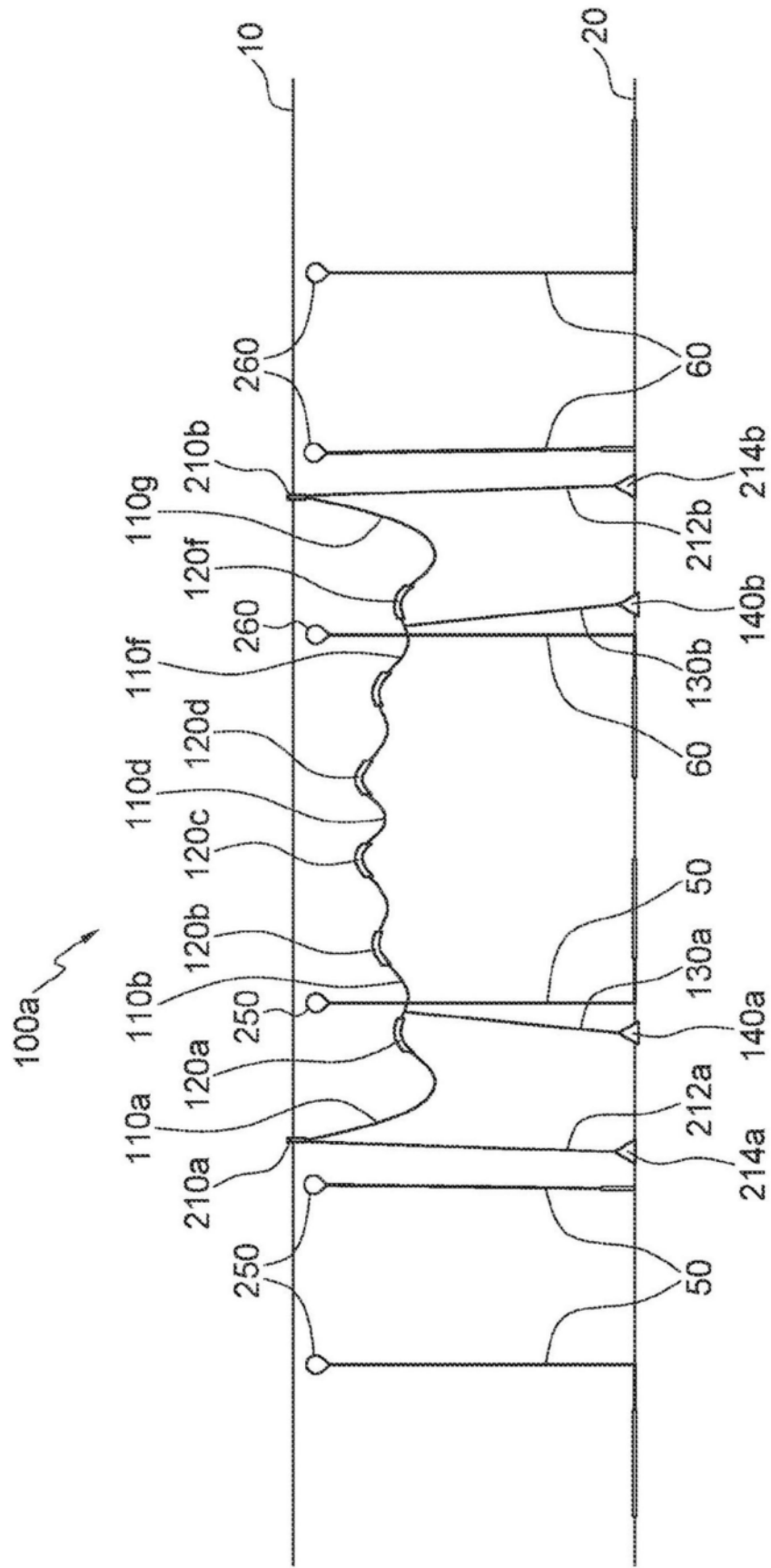


图2

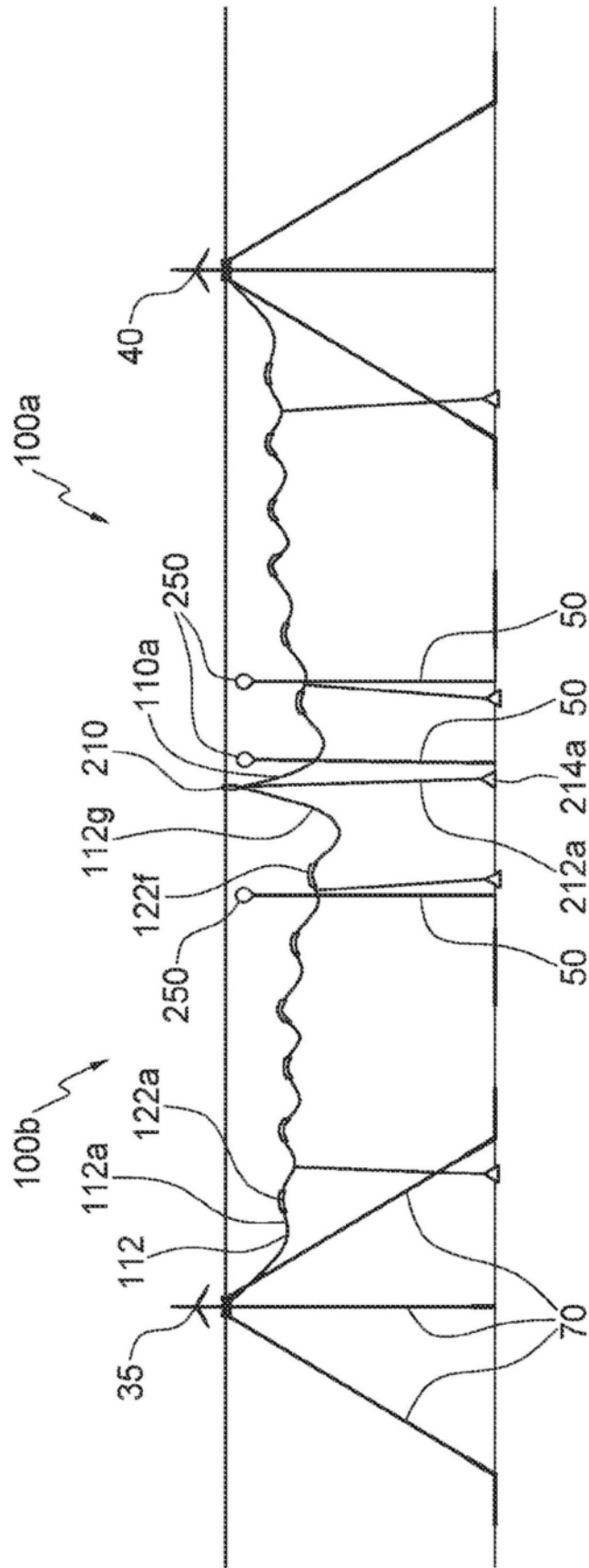


图3

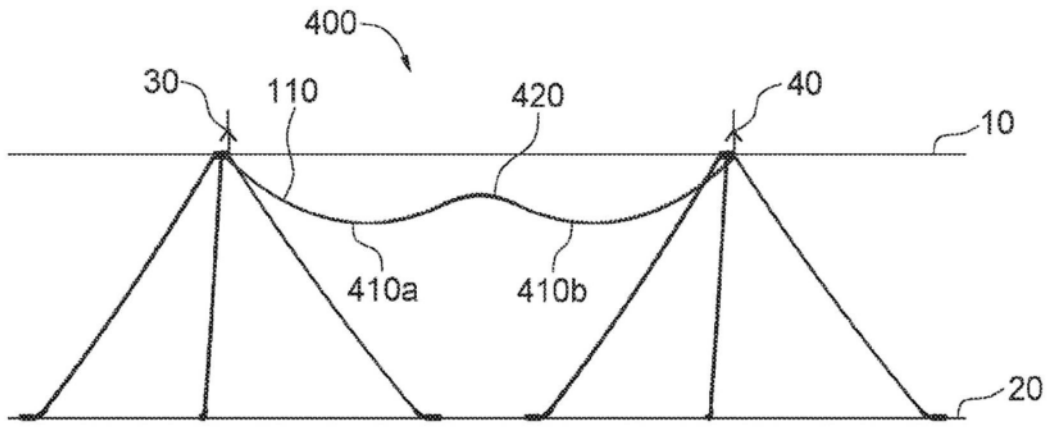


图4

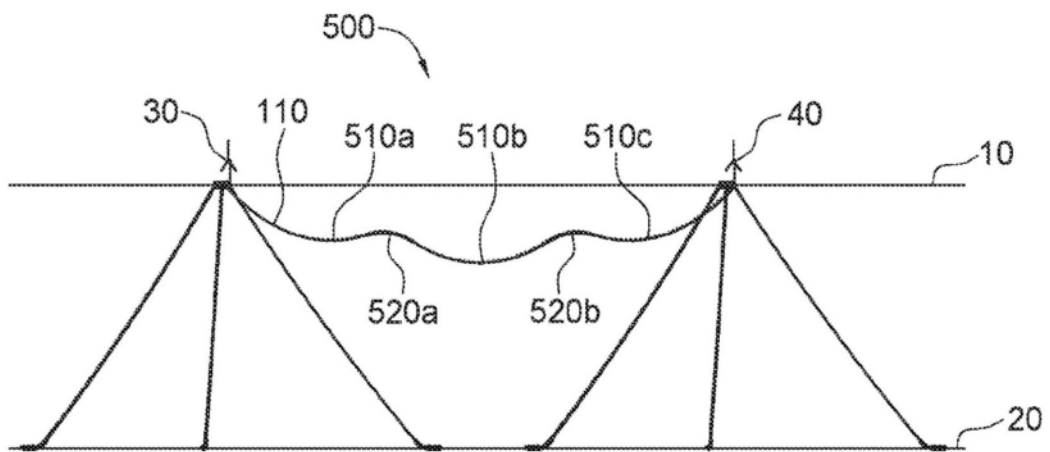


图5

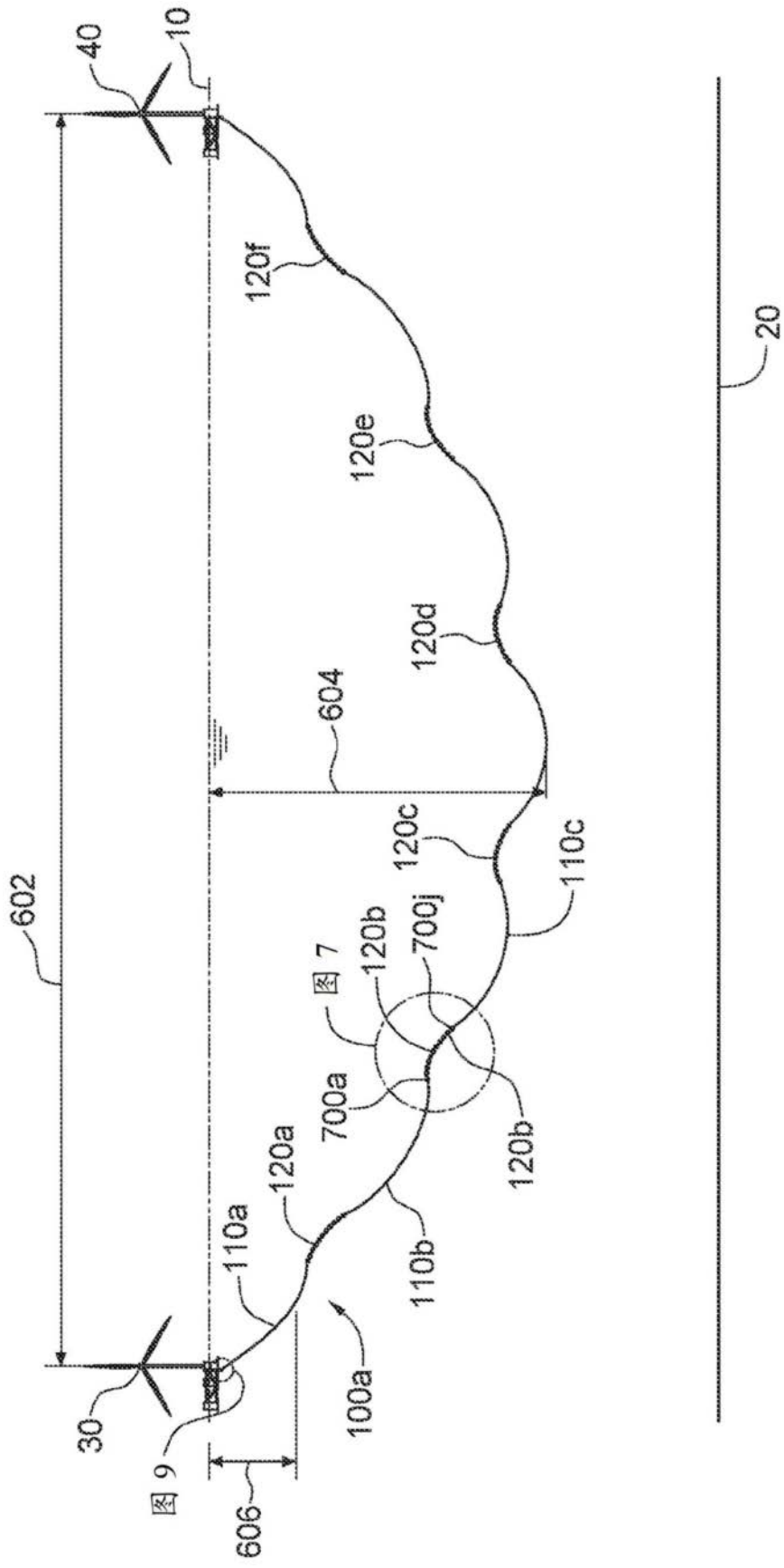


图6

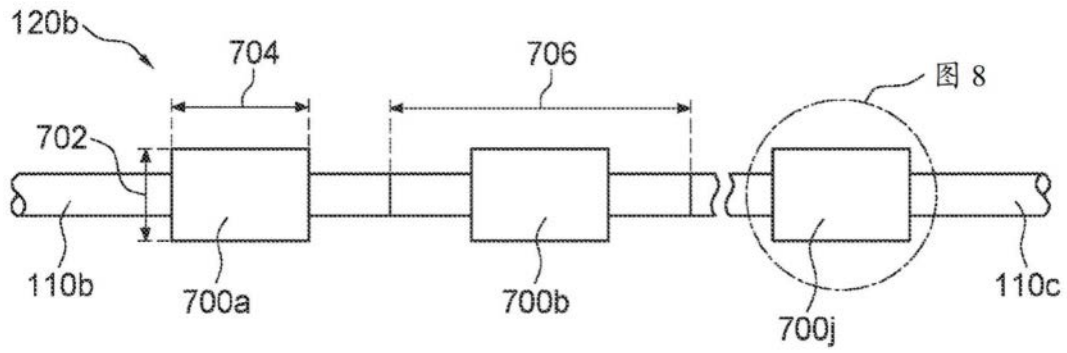


图7

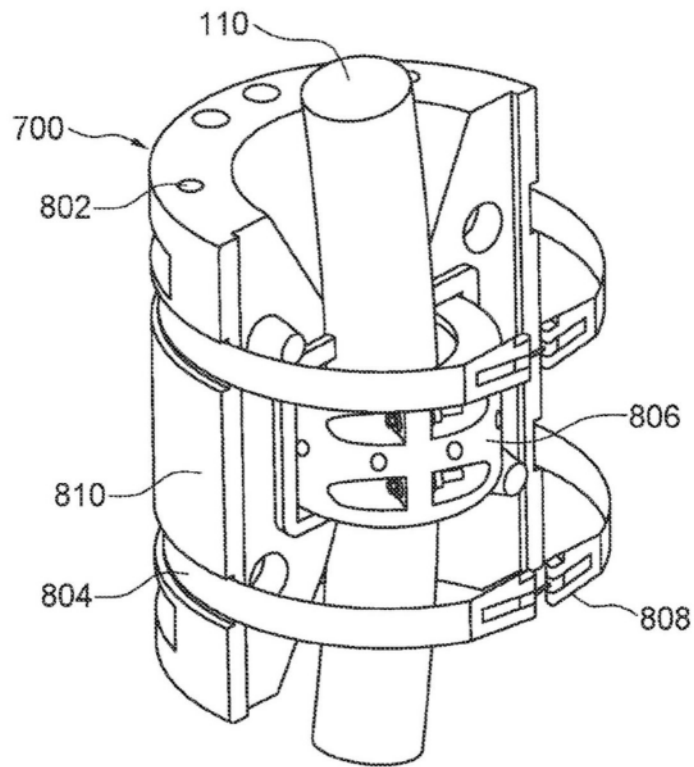


图8

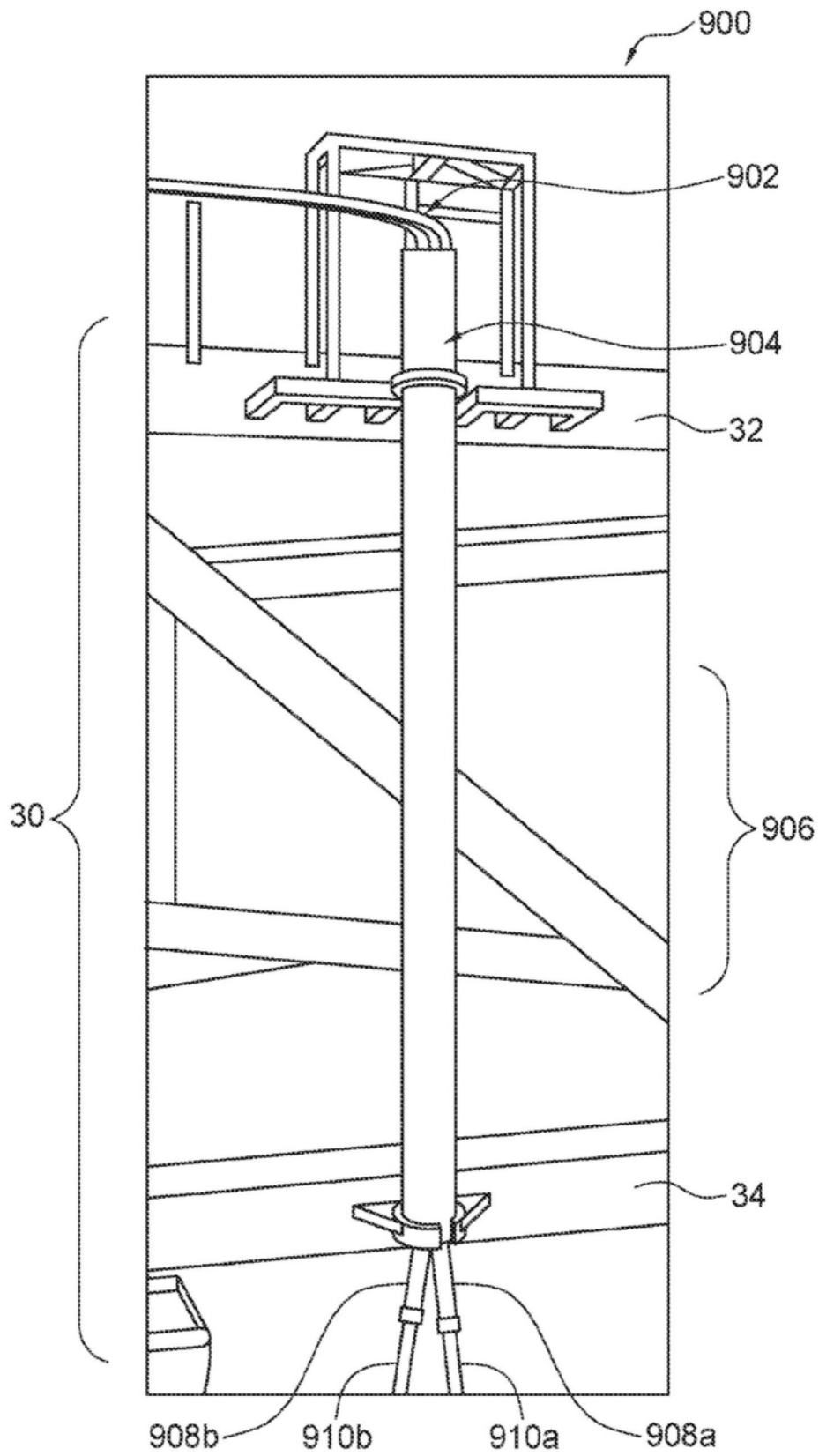


图9

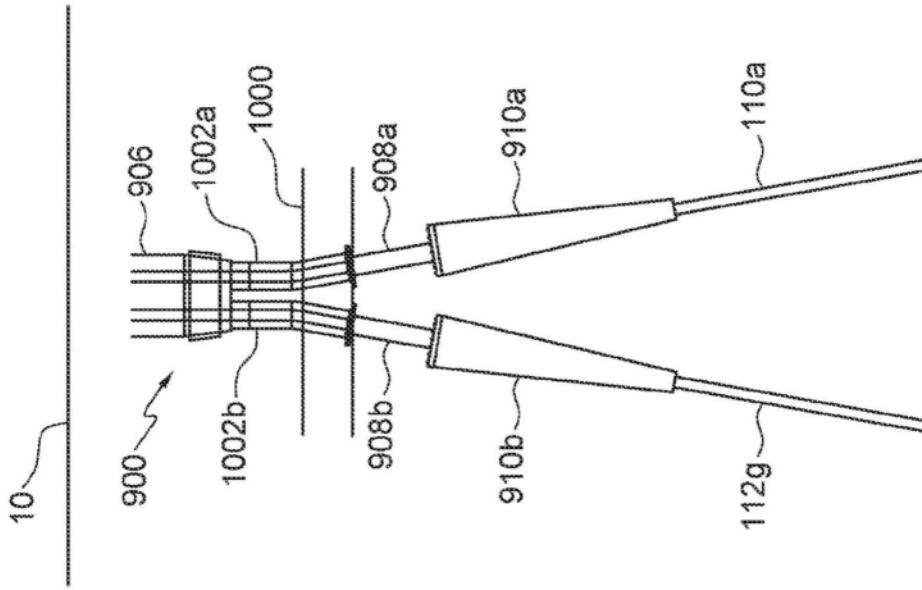


图10

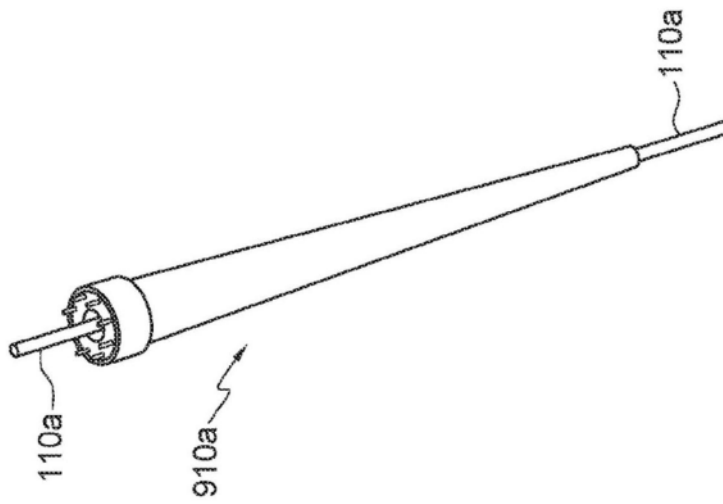


图11

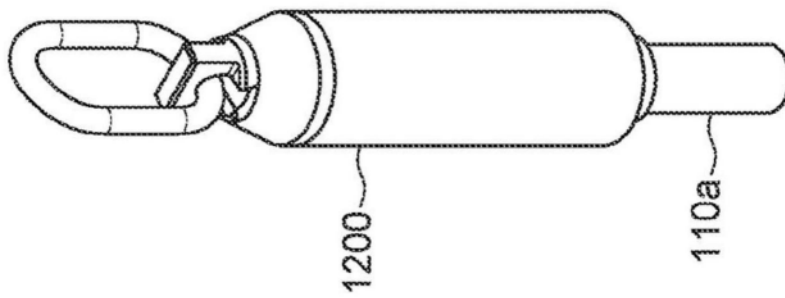


图12

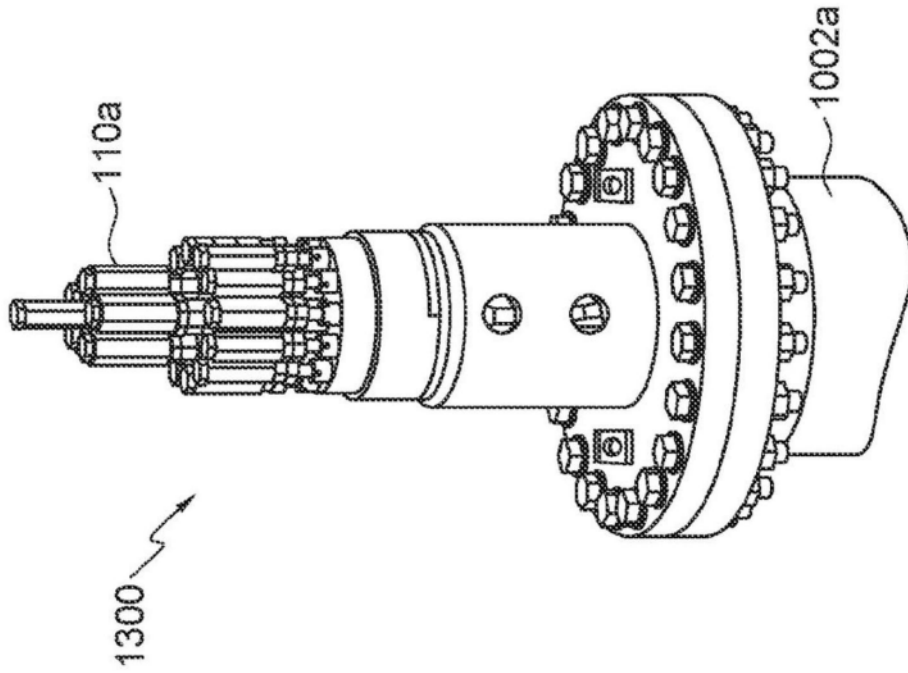


图13

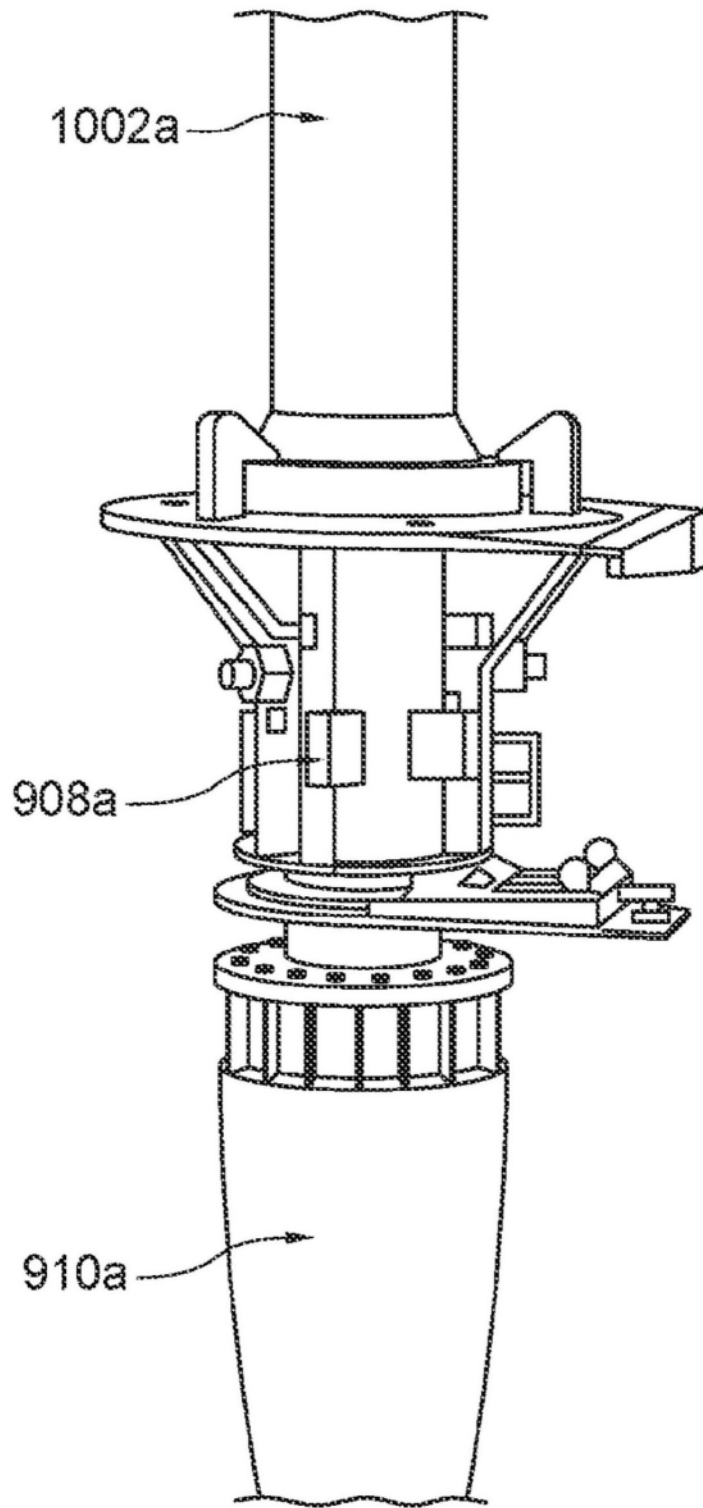


图14

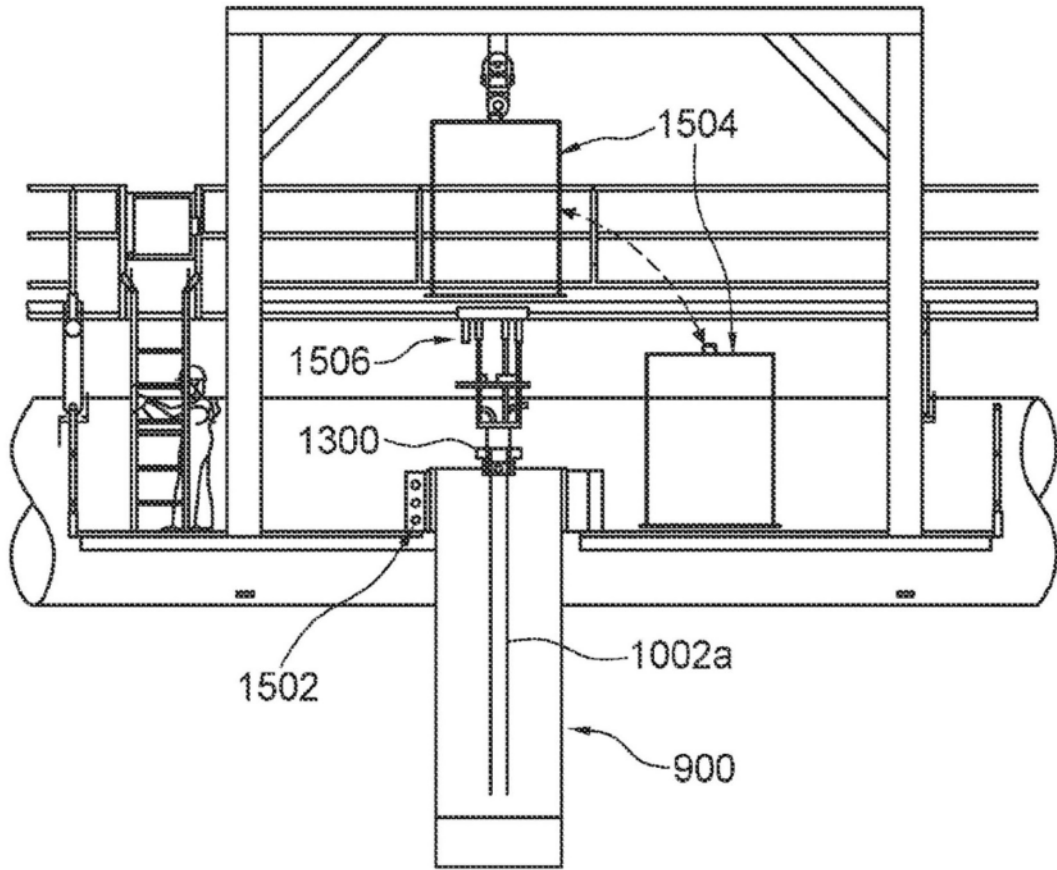


图15