(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103210211 B
(45)授权公告日 2015.12.16

(21)申请号 201180054741.2
(22)申请日 2011.09.14
(30)优先权数据
1015433.4 2010.09.15 GB
61/383,120 2010.09.15 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2013.05.14
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/DK2011/050345 2011.09.14
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2012/034564 EN 2012.03.22
(73)专利权人 维斯塔斯风力系统有限公司
地址 丹麦奥尔胡斯
(72)发明人 M·L·比特什 T·F·包恩
(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
代理人 党晓林 王小东
(51)Int.Cl.
F03D 1/06(2006.01)
(56)对比文件
CN 101324221 A,2008.12.17, 全文.
CN 101105173 A,2008.01.16, 全文.
CN 101482090 A,2009.07.15, 全文.
JP 特开平6-257555 A,1994.09.13, 全文.
CN 101718250 A,2010.06.02, 全文.
US 4915590 ,1990.04.10, 全文.
US 2010/0135797 A1,2010.06.03, 全文.
审查员 赵晓东

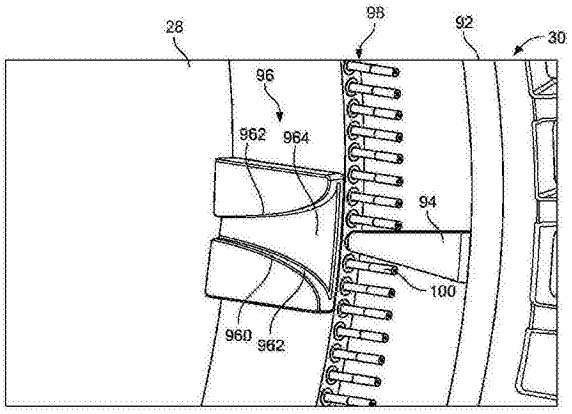
权利要求书3页 说明书12页 附图17页

(54)发明名称

将风轮机叶片安装在风轮机塔架上的设备及方法

(57)摘要

本申请描述了将风轮机叶片安装在风轮机塔架上的设备和方法。在叶根以及轮毂附近设有多个导向杆(94),用于连接至相应的插座部(96)。导向杆(94)和插座部(96)设置在风轮机叶片和风轮机轮毂中的相应一方上,以便于彼此连接。导向杆(94)和插座(96)可以设置在相同的或者不同的叶片或者轮毂上。导向杆和插座使得叶片能够以正确的旋转取向定位在轮毂处,以便于连接必要的紧固件。



CN 103210211 B

1. 一种用于将风轮机叶片连接到风轮机转子轮毂的叶片连接设备，所述连接设备包括：

第一接合面和第二接合面，其中所述第一接合面位于所述风轮机叶片的叶根处，并且所述第二接合面位于所述风轮机转子轮毂上，用于与所述第一接合面接合；

用于将所述第一接合面以可释放的方式牢固地连接到所述第二接合面的多个紧固件，所述紧固件包括设置在其中一个接合面上的公部分，以与设置在另一接合面上的相应母部分连接；

分别位于所述风轮机叶片和所述转子轮毂上的第一导向构件和第二导向构件，所述第一导向构件和所述第二导向构件被布置成当它们彼此接触时互相协作；

其中，当使得所述第一接合面和所述第二接合面彼此接近以进行连接时，所述第一导向构件和所述第二导向构件先于所述第一接合面和所述第二接合面之间的接触而彼此接合，并且确保所述紧固件的所述公部分和所述母部分为了连接而对准。

2. 根据权利要求 1 所述的连接设备，其中，所述第一接合面和所述第二接合面是大致圆形的凸缘，所述凸缘具有这样的圆周，绕所述圆周在离散位置设置有所述多个紧固件；并且其中，在所述第一接合面和所述第二接合面彼此接近时，所述第一导向构件和所述第二导向构件之间的协作使得所述圆形凸缘相对于彼此进行同轴旋转，从而使得所述紧固件被适当地对准。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的连接设备，其中，所述第一导向构件是细长形状的并且从所述风轮机叶片或所述转子轮毂中的任意一方朝向所述第二导向构件延伸比所述紧固件的所述公部分的长度大的量。

4. 根据权利要求 3 所述的连接设备，其中，所述第一导向构件是在叶根支承件处紧固至所述转子轮毂的销。

5. 根据权利要求 4 所述的连接设备，其中，所述第一导向构件是锥形的。

6. 根据权利要求 3 所述的连接设备，其中，所述转子轮毂或所述叶片中的一者或另一者至少具有外叶根支承环和内叶根支承环，并且所述第一导向构件紧固至所述内叶根支承环，并在保持于由所述内叶根支承环限定的圆周内侧的状态下朝向所述第二导向构件倾斜延伸。

7. 根据权利要求 3 所述的连接设备，其中，所述转子轮毂具有紧固在其上的固定叶根支承环和能相对于所述固定叶根支承环旋转的可旋转叶根支承环，并且所述第一导向构件紧固至所述可旋转叶根支承环。

8. 根据权利要求 3 所述的连接设备，其中，所述第二导向构件设置有用于接收所述第一导向构件的凹部。

9. 根据权利要求 8 所述的连接设备，其中，所述凹部包括：

用于在部分插入位置接收所述第一导向构件的开口；和

用于在完全插入位置支撑所述第一导向构件的锥形肩部。

10. 根据权利要求 9 所述的连接设备，其中，所述锥形肩部是弯曲的以促使所述第一导向构件占据所述凹部的中心位置。

11. 根据权利要求 8 所述的连接设备，其中，所述凹部设置在导向构件壳体内，所述壳体包括：

用于与所述第一接合面或所述第二接合面上的所述紧固件的公部分协作的唇部；

用于将所述唇部和所述壳体紧固至所述紧固件的所述公部分上而将所述壳体保持到位的缆索。

12. 根据权利要求 2 所述的连接设备，其中，所述第二导向构件位于所述叶根的所述圆形凸缘内，或者位于所述转子轮毂上的叶片连接部的所述圆形凸缘内。

13. 根据权利要求 1 或 2 所述的连接设备，所述连接设备包括至少三对第一导向构件和第二导向构件。

14. 一种风轮机叶片和转子轮毂连接的连接导向系统，所述连接导向系统包括：

第一导向构件和第二导向构件，所述第一导向构件和所述第二导向构件用于安装在风轮机叶片或转子轮毂中的相应一方上，以利于通过具有公部分和母部分的紧固件将所述风轮机叶片连接至所述转子轮毂；

其中所述第一导向构件具有细长的形状；并且

所述第二导向构件设置有凹部，该凹部具有用于在部分插入位置接收所述第一导向构件的开口、以及用于在完全插入位置支撑所述第一导向构件的凹部轮廓；

其中所述凹部轮廓促使所述第一导向构件朝向所述凹部内的一个位置，从而使得所述风轮机叶片正确对准，以将所述公部分和所述母部分附接。

15. 根据权利要求 14 所述的连接导向系统，其中，所述第一导向构件的长度大于所述紧固件的公部分的长度。

16. 根据权利要求 14 或 15 所述的连接导向系统，其中，所述第一导向构件具有连接部分，用于在叶根支承件处附接至所述转子轮毂。

17. 根据权利要求 14 或 15 所述的连接导向系统，其中，所述叶片或所述转子轮毂中的一者或另一者至少具有外叶根支承环和内叶根支承环，并且所述第一导向构件倾斜成当附接至所述内叶根支承环时，该第一导向构件在保持于由所述内叶根支承环限定的圆周内侧的状态下向所述第二导向构件延伸。

18. 根据权利要求 14 或 15 或所述的连接导向系统，其中，所述转子轮毂具有紧固在其上的固定叶根支承环和能相对于所述固定叶根支承环旋转的可旋转叶根支承环，并且所述第一导向构件紧固至所述可旋转叶根支承环。

19. 根据权利要求 14 或 15 所述的连接导向系统，其中，所述第一导向构件是锥形的。

20. 根据权利要求 14 或 15 所述的连接导向系统，其中，所述凹部轮廓包括锥形肩部，所述锥形肩部是弯曲的以促使所述第一导向构件占据所述凹部的大致中心位置。

21. 根据权利要求 14 或 15 所述的连接导向系统，其中，所述凹部设置在导向构件壳体中，所述壳体包括：

用于与第一接合面或第二接合面上的所述紧固件的公部分协作的唇部；

用于将所述唇部和所述壳体紧固至所述紧固件的公部分而将所述壳体保持到位的缆索。

22. 一种将风轮机叶片安装在风轮机转子轮毂的方法，所述方法包括：

将第一导向构件附接至所述风轮机叶片，并将第二导向构件附接至所述转子轮毂；

在所述叶片和所述轮毂上的接合面彼此间隔开的状态下，使所述第一导向构件和所述第二导向构件彼此粗对准；

朝所述轮毂移动所述叶片，以减小所述叶片和所述轮毂之间的间隔并使所述第一导向构件与第二导向构件相接合；

进一步减小所述间隔直到所述叶片和所述轮毂彼此接触；

使用多个具有公部分和母部分的紧固件将所述叶片和所述轮毂牢固地彼此紧固；

其中所述第一导向构件和所述第二导向构件被布置为：在使得位于所述叶片和所述轮毂上的接合面彼此接触时，在用于连接所述接合面的所述紧固件被接合之前，所述第一导向构件和所述第二导向构件相互协作。

23. 根据权利要求 22 所述的方法，所述方法包括：

将所述第一导向构件附接至所述转子轮毂的叶根支承部；以及

将所述第二导向构件附接至所述风轮机叶片的叶根部。

24. 根据权利要求 22 或 23 所述的方法，其中，所述第二导向构件包括用于将该第二导向构件紧固至所述紧固件的公部分的缆索；并且所述方法包括：

在叶片接合面和轮毂接合面间隔开的状态下，利用所述缆索将所述第二导向构件附接至所述紧固件的公部分；

朝所述轮毂移动所述叶片，以减少所述叶片和所述轮毂之间的间隔并使所述第一导向构件与第二导向构件相接合，直到所述第二导向构件被夹在所述叶片接合面和所述轮毂接合面之间，并且所述紧固件被对准；

移除所述缆索而释放所述第二导向构件。

将风轮机叶片安装在风轮机塔架上的设备及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种将风轮机叶片安装在风轮机塔架上的设备及方法，特别是用于计划用于离岸环境的风轮机。

背景技术

[0002] 图 1 示出了一种离岸的水平轴式风轮机 1，该风轮机包括 ：供安装风轮机机舱 3 的风轮机塔架 2 ；以及转子 4，该转子包括至少一个风轮机叶片 5。该至少一个风轮机叶片安装在转子轮毂 6 上，该转子轮毂通过从机舱前部延伸的低速轴（未示出）连接至机舱 3。风轮机塔架 2 在离岸场所安装在塔架基座 7 上，例如安装在沉入海底的单桩上。虽然在图中未示出，风轮机塔架可以具有紧靠海平面以上布置的平台以供工程师接近。

[0003] 由于在海上安装和维护涡轮机的成本，以及在离岸场所潜在可捕获的有效风能量，离岸式风轮机通常被制造得尽可能的大，例如转子直径为 100 至 150m 都不算异常。虽然安装巨大的离岸式风轮机在收入方面能够最大化回报并能够最大化风轮机所产生的功率，但是与小而轻的型号相比，大的结构可能更难以安装和维修。

[0004] 构建离岸式风轮机例如通常在岸上设施上开始，在岸上设施处能够容易提供大的起重机，以将风轮机的部件提升到它们的组装位置。起重机例如可能需要五次以上提升操作，塔架和机舱分别需要一次提升操作，随后三个风轮机叶片分别需要一次。一旦风轮机装配完成，则通过驳船将其运送至离岸安装位置，在该离岸安装位置处，在运输驳船上的起重机将塔架提升到塔架基座 7 上的位置。

[0005] 这种构建技术可以有多种变型，例如仅仅是风轮机部件中的一些部件在岸上组装，而最终的装配借助于驳船起重机在离岸场所进行。其中一种技术是将其中的两个叶片附接至机舱的转子轮毂形成兔耳构型，并且借助于临时的固定件将单个叶片附接至塔架。然后在离岸场所将机舱和塔架彼此连接，并且在正确的位置处将已经附接至塔架的叶片连接至转子轮毂。

[0006] 在许多情况下，风轮机的机舱也设置有起重机，用于将部件提升到位。由于在机舱中的位置所引起的结构限制，机舱起重机通常并不能提起与驳船起重机或者岸上起重机相同量级的负载。

[0007] 在离岸式风轮机的构建过程中以及在维护操作中，可以使用机舱起重机或者塔架上起重机。在这些操作中有时需要将风轮机叶片从转子轮毂拆下，以便检查叶片或者轮毂，必要时进行修理。用于将风轮机叶片临时附接至塔架以进行维护的装置也是已知的。

[0008] 所有这些构建技术在时间和成本方面花费很大。此外，将风轮机叶片拆下然后在维护操作之后将其重新附接至轮毂会是困难的。因此，我们已经认识到需要一种用于构建风轮机以及安装该风轮机的改进的方法，并且也需要一种改进的技术来拆卸风轮机叶片以及将其附接至轮毂。

发明内容

[0009] 本发明被限定于所引用的独立权利要求中。在从属权利要求中陈述了有利的特征。

[0010] 在第一方面，本发明提供了一种用于将风轮机叶片连接到风轮机轮毂的叶片连接设备，所述连接设备包括：第一接合面和第二接合面，其中所述第一接合面位于所述风轮机叶片的叶根处，并且所述第二接合面位于所述风轮机转子轮毂上，用于与所述第一接合面接合；用于将所述第一接合面以可释放的方式牢固地连接到所述第二接合面的多个紧固件，所述紧固件包括设置在其中一个接合面上的公部分，以与设置在另一接合面上的相应母部分连接；分别位于所述风轮机叶片和所述转子轮毂上的第一导向构件和第二导向构件，所述第一导向构件和所述第二导向构件被布置成当它们彼此接触时互相协作；其中，当使得所述第一接合面和所述第二接合面彼此接近以进行连接时，所述第一导向构件和所述第二导向构件在所述第一接合面和所述第二接合面之间相接触之前先彼此接合，并且确保所述紧固件的所述公部分和所述母部分为了连接而对准。

[0011] 以此方式，所述紧固件可以被插入它们相应的连接点孔中而无需考虑它们没有被适当对准而被损坏。

[0012] 所述第一接合面和所述第二接合面可设置成大致圆形的凸缘，所述凸缘具有这样的圆周，绕所述圆周在离散位置设置有所述多个紧固件；其中，在所述第一接合面和所述第二接合面彼此接近时，所述第一导向构件和所述第二导向构件之间的协作使得所述圆形凸缘相对于彼此进行同轴旋转，从而使得所述紧固件被适当地对准。

[0013] 此外，所述第一导向构件是细长形状的并且从风轮机叶片或转子轮毂中的任意一方朝向所述第二导向构件延伸大于所述紧固件的所述公部分的长度的量。这样，导向构件可以更容易地先于紧固件与插座接合

[0014] 在一个实施方式中，所述第一导向构件是在叶根支承件处紧固至转子轮毂的销。所述第一导向构件也可以是锥形的。

[0015] 在一个实施方式中，所述转子轮毂或所述叶片中的一者或另一者至少具有外叶根支承环和内叶根支承环，并且所述第一导向构件紧固至所述内叶根支承环，并在保持在所述内叶根支承环限定的圆周内侧的状态下朝向所述第二导向构件倾斜延伸。

[0016] 所述第二导向元件可以设置有用于接收所述第一导向构件的凹部。所述凹部可包括：用于在部分插入位置接收所述第一导向构件的开口；和用于在完全插入位置支撑所述第一导向构件的锥形肩部。

[0017] 在一个实施方式中，所述锥形肩部是弯曲的以促使所述第一导向构件占据所述凹部的中心位置。

[0018] 所述凹部设置在导向构件壳体内，所述壳体包括：用于与所述第一接合面或所述第二接合面上的公紧固件协作的唇部；用于将所述唇部和所述壳体紧固至所述紧固件的所述公部分上而将所述壳体保持到位的缆索。于是，一旦叶片被附接至轮毂，就可通过切断缆索而将所述导向构件壳体拆下。

[0019] 所述第二导向构件位于所述叶根的圆形凸缘内，或者位于轮毂上的叶片连接部的圆形凸缘内。

[0020] 在一个实施方式中，所述连接设备包括至少三对第一导向构件和第二导向构件。通过将这些导向构件围绕叶根或轮毂的圆周布置，可以为叶片提供旋转力以使得它旋转对

准以便与轮毂正确连接。

[0021] 在另一个实施方式中，本发明提供了一种风轮机叶片和转子轮毂连接的连接导向系统，所述系统包括：第一导向构件和第二导向构件，所述第一导向构件和所述第二导向构件用于安装在风轮机叶片或转子轮毂中的相应一方上，以利于通过具有公紧固件部分和母紧固件部分的紧固件将所述风轮机叶片连接至所述轮毂；其中所述第一导向构件具有细长的形状；并且所述第二导向构件设置有凹部，该凹部具有用于在部分插入位置接收所述第一导向构件的开口、以及用于在完全插入位置支撑所述第一导向构件的凹部轮廓；其中所述凹部轮廓促使所述第一导向构件朝向所述凹部内的一个位置，从而使得所述风轮机叶片正确对准，以将所述公紧固件部分和所述母紧固件部分附接。

[0022] 也构想了相应的方法。

附图说明

[0023] 现在将参照附图以例示方式来描述本发明的实施例，在附图中：

[0024] 图 1 是离岸式风轮机的示意图；

[0025] 图 2 是离岸式风轮机机舱以及具有用于一个或更多个风轮机叶片的附接点的塔架上部的第一实施例的示意图；

[0026] 图 3 是示出图 2 所示的塔架的更长部分的、根据风轮机的第一实施例的示意图，该更长部分具有用于一个或更多个风轮机叶片的附接点；

[0027] 图 4 是图 2 和图 4 所示的塔架的俯视图；

[0028] 图 5 是用于风轮机叶片的附接点的局部放大图；

[0029] 图 6 是用于风轮机叶片的叶梢的附接点的局部放大图；

[0030] 图 7 是示出了叶片导向臂的定位的示意图；

[0031] 图 8 是示出了用于将叶片附接至转子轮毂的方法的示意图，其中该叶片处于起始位置；

[0032] 图 9 是示出了用于将叶片附接至转子轮毂的方法的示意图，其中该叶片处于第二位置；

[0033] 图 10 是示出了用于将叶片附接至转子轮毂的方法的示意图，其中该叶片处于第三位置；

[0034] 图 11 是示出了用于将叶片附接至转子轮毂的方法的示意图，其中该叶片处于最终位置；

[0035] 图 12 是处于起始位置的叶片导向臂的另选实施方式的示意图；

[0036] 图 13 是处于最终位置的叶片导向臂的另选实施方式的示意图；

[0037] 图 14 是叶片附接导向杆的示意图；

[0038] 图 15 是转子轮毂的示意图，示出了叶片附接杆和插座；

[0039] 图 16 是图 14 所示的叶片附接杆的局部放大图；

[0040] 图 17 是转子轮毂的示意图，示出了用于三环式支承组件的叶片附接杆；

[0041] 图 18 是用于图 17 所示的叶片附接导向杆的插座的局部放大图；

[0042] 图 19 是用于叶片附接导向杆的插座的另选实施方式；

[0043] 图 20 是已经就位的插座的示意图；以及

[0044] 图 21 是用于两环式支承组件的转子轮毂的示意图。

具体实施方式

[0045] 本发明涉及将风轮机叶片安装在风轮机塔架上的设备和方法。在叶根以及轮毂附近设有多个导向杆 94，用于连接至相应的插座部 96。导向杆 94 和插座部 96 设置在风轮机叶片和风轮机轮毂中的相应一方上，以便于彼此连接。导向杆 94 和插座 96 可以设置在相同的或者不同的叶片或者轮毂上。导向杆和插座使得叶片能够以正确的旋转取向定位在轮毂处，以便于连接必要的紧固件。由于紧固件通常预先设置成部分地连接至轮毂或叶片中的一者上，在使得叶片和轮毂到一起之前正确地确保它们恰当地对准，防止损坏所安装的紧固件。

[0046] 图 2、图 3 和图 4 示出了根据本发明的实施例的风轮机 20，其中风轮机的塔架设有用于在工作位置和收起位置之间移动风轮机叶片的导向臂，在该工作位置时风轮机叶片连接至转子轮毂，在收起位置时叶片从转子轮毂上拆下并且靠着风轮机塔架储存。

[0047] 图 2 是风轮机塔架 22 的上部的侧视图，该风轮机塔架的上部具有机舱 24 和转子轮毂 26。机舱 24 可以通过偏航驱动装置 25 安装在塔架 22 的顶部，该偏航驱动装置使得机舱和转子轮毂 26 能够倾斜地进入或者脱离盛行风的方向。

[0048] 风轮机 20 具有三个风轮机叶片 28a、28b 和 28c，这些叶片在图 2 中被示为从转子轮毂拆下并且处于靠着塔架 22 的收起位置。在收起位置，叶片 28 以与塔架 22 基本平行的关系被支撑。为了便于将叶梢在下部位置靠着塔架 22 固定，该平行并不是严格平行的。虽然，叶片 28 本身并不需要是绝对笔直的，但可以理解的是这便于谈论叶片相对于纵向轴线 27 的取向。

[0049] 当观察处于收起位置的叶片 28 时，可以更详细地看到转子轮毂的叶根支承组件 30a、30b 和 30c，叶片 28a、28b 和 28c 可在叶根支承组件处安装在转子轮毂 28 上。应理解，叶根支承组件 30a、30b 和 30c 安装在转子轮毂上（因此，处于附接位置的叶片安装在转子轮毂上），从而等角间距地围绕轮毂的旋转轴线间隔开。在图 2 的实施例中，假定了竖直的 z 轴线，以及在水平面布置的右 x 轴线和右 y 轴线，旋转轴线沿着 x 方向，并且第一叶根支承组件 30a 示出为面向负 z 方向，而第二叶根支承组件 30b 和 30c 示出为基本沿着 y 轴线布置。这意味着叶根支承组件 30c 面向纸内因而无法看到。

[0050] 叶片 28a、28b 和 28c 各自被臂装置 50a、50b 和 50c 支撑，该臂装置包括上臂 52a、52b 和 52c 以及下臂 54a、54b 和 54c。如图 3 所示，臂装置 50a、50b 和 50c 朝向塔架 22 的上部定位，并且叶梢 32a 和 32b 也因此借助叶梢搁置部 56a、56b 和 56c（未示出）沿着塔架的长度进一步向下紧固。臂装置 50a、50b 和 50c 以及叶梢搁置部 56a、56b 和 56c 围绕塔架 22 的周缘以等角间隔定位。图 4 是穿过塔架 22 和三个叶片 28a、28b 和 28c 的剖视图，更详细地示出了该布置。在此视图中，仅可以看到上臂 52 和下臂 54。在将塔架 22 运输至离岸安装场所的过程中，可以有利地使用图 4 中所示的、叶片靠着塔架的布置方式。

[0051] 现在参照图 5，在图 5 中更详细地示出了上臂 52a、52b 和 52c 和下臂 54a、54b 和 54c 的结构。为了便于下文中讨论，现在将描述单个臂装置的相互作用以及该单个臂装置与单个叶片的相互作用，因此不是在每种情况下都列举出附图标记的尾标 a、b 和 c。

[0052] 上臂 52 是大致三角形或者格子形的，具有在顶点或者顶端 524 会合的对置的侧边

520 和 522。三角形臂 52 的顶点设置有用于与叶片 28 形成紧固的、可释放的机械连接的连接器 526。这将在下文更详细描述。

[0053] 如图 5 所示，臂 52 的各个对置的侧边 520 和 522 通过枢轴 528 和 530 连接至塔架 22，使得臂 52 能够在上下位置之间移动。如根据图 5 所理解的，臂 52 的顶端 524 实际上设置为杆，对置的侧边 520 和 522 中的每一个实际上由三角形框架组成，该三角形框架具有共用形成顶端 524 的杆的底部，并具有位于枢轴 528 和 530 处的顶端。在此实施例中采用了对置两侧边的附加三角形形状，因此为在使用中必须能够支承叶片的至少部分重量的臂 52 形成了坚固框架。三角形或者格子形状的底部被省略，以便适应塔架 22 的曲线。

[0054] 如图 5 所示，下臂 54 具有与上部 52 不同的构造，最明显的不同之处在于下臂是具有中间关节或者肘部 540 的关节臂。在此实施例中，下臂 54 也不是三角形的，而是包括在关节 540 处彼此连接的第一矩形框架部 542 和第二矩形框架部 544。第一框架部 542 在铰接部 546 处连接至塔架 22，该铰接部使得当臂收起时该第一框架部基本向下靠着塔架 22。为此，铰接部 546 支撑在衬套 548 上，以使得该铰接部被支撑为稍微远离塔架，从而塔架的曲率将不会妨碍第一框架部 542 向下竖直悬挂。

[0055] 第二衬套 550 在第一衬套下方设置在塔架 22 上，该第二衬套用于在叶片 28 收起时接收第一框架部 542 的另一端并且将该框架部稳定地支撑在搁置位置。第一框架部 542 延伸到第二衬套 550 的稍下方，使得在第一框架部 542 的端部上设置的关节 540 可以无阻碍地运动。

[0056] 第二框架部 544 通过关节 540 连接至第一框架部，并且布置成沿与第一框架部 542 相同的方向枢转。可以限制第二框架部围绕关节 540 的运动，使得第一框架部和第二框架部之间的角度不大于 180°。以此方式，下臂 54 以及第一框架部和第二框架部围绕关节或者肘部 540 的运动类似于人类手臂的关节式运动。在叶片的收起位置，下臂 52 的第一框架部 542 向下悬挂，同时第二框架部 544 相对于第一框架部 542 成 90° 的角从塔架延伸。

[0057] 可以利用连接器 552（该连接器具有与上述连接器 526 相同的构造），以与上臂 52 相同的方式在第二框架部 544 和风轮机叶片 28 之间进行连接。现在将对此进行更详细地描述。

[0058] 可以使用任意适合的机械连接方式在上臂 52、下臂 54 与风轮机叶片 28 之间进行连接。然而，可以理解的是，所说的任意连接必须能够支撑叶片 28 的重量并且易于拆装操作。此外，在转子轮毂上使用时，连接位置的存在必须不能过度地影响叶片的空气动力特性。

[0059] 这通过在风轮机叶片表面设置隔室接收每个臂 52 和 54 的连接器装置 526 和 552 来实现。叶片隔室具有盖子，该盖子可被打开以容纳连接器装置，或者可以在叶片处于使用状态时被关闭以确保叶片的光滑空气动力表面。隔室的盖子因此可以利用允许远程控制的电路或者光学信号系统来操纵。

[0060] 在此实施例中，隔室包括用于连接器装置 526 和 552 的对应配套连接器，以便形成牢固的可靠连接。这些对应配套连接器优选地附接至叶片内的支撑结构，例如主桁梁，或者另选地贯穿叶片以与相对的叶片表面上的对应的成对连接器接合。

[0061] 适宜的连接器装置是已知的，例如在本申请人的 US2007/0258823 中所述的。

[0062] 现在将参照图 6 更详细地描述叶梢搁置部 56。不同于臂装置 50，如果承载的话叶

梢搁置部 56 也不需要支承叶片 28 的太多重量。以此方式，在一个实施方式中，叶梢搁置部 56 可以简单地设置有肩部或者横向支撑件，用于接收叶梢，并限制由于风致应力和应变导致叶片变形或者扭转而可能发生的任意侧向运动。在另选的实施方式中，用于将叶梢 32 附接至叶梢搁置部 56 的连接手段可被设置成使得该连接更牢固。该连接手段可以包括上述臂所用的连接器装置，或者诸如将叶梢紧固到位的磁性带子或者缆索等等的其它连接器装置。

[0063] 叶梢搁置部 56 的另一实施方式包括用于附接至叶梢并附接至塔架的可膨胀构件。适宜的可膨胀构件是可被旋拧在风轮机叶片的端部上的可膨胀环。有利的是，可膨胀环能可释放地从风轮机塔架拆下来，使得当需要时该可膨胀环能够从塔架释放并且能拧在已拆卸的风轮机叶片上。当借助于上臂和下臂将叶片降下至其收起位置时，可将可膨胀环再次附接至塔架以将叶梢保持到位。可膨胀构件与塔架之间的连接可以借助于穿过该构件的增强壁部以及塔架上的适宜配合点的紧固缆索、绳索或者螺栓。优选地，该连接可以被远程释放，以使得在机舱内的工程师可以无需向下爬到可膨胀部件所在的塔架位置而释放该连接。在此方面，磁性连接或者电磁连接是特别有用的，如有必要，可膨胀部件可以在从塔架移除后收缩，以使得它可以更容易地装配到叶梢上，随后再次膨胀。

[0064] 可膨胀构件可以是任意适合的形状，用于在叶片处于收起位置时对叶梢进行缓冲和支撑。特别地，它可以是圆环，或者是具有用于接收叶片叶梢的切除部分的盘或者其它实心形状。该切除部分也可以被成形为其轮廓更紧密地匹配所述叶梢。

[0065] 在一个另选实施方式中，可膨胀构件可以是 C 形的，或者是这样的任意轮廓，在该轮廓中通过一个更窄的开口部进入用于接收叶梢的较宽的内部切除部分，要到达该内部切除部分，叶梢必须首先通过该更窄的开口部。此可膨胀构件在使用过程中不需要从塔架拆下，而是能够另选地保持膨胀或者部分膨胀以在叶片通过支撑臂移入收起位置时接收叶梢。

[0066] 也可以使用在收起位置中位于叶梢的搁置位置的两侧上的纵向可膨胀构件，以加固叶片而防止横向移动。

[0067] 发明人已经认识到，上壁 52 和下臂 54 连接到风轮机叶片 28 时的定位是非常重要的，仔细考虑，这些臂不仅可以用于将叶片支撑在收起位置，也可以用作导向装置以便于将叶片 28 连接至转子轮毂 26。

[0068] 现在参照图 7，这些臂的连接器装置 526 和 552 在叶片 28 上的连接点相对于叶片重心被定位。在图 7 中，叶片的重心示意性地示为 CoG 位置 70。在此实施例中，上臂和下臂的连接点距离 CoG 位置 70 等距地定位，因为这会使由于叶片的重量而产生的负载大致相等地分布在上臂和下部上，并且意味着当将叶片附接至臂或者从臂上拆下时对于叶片 28 的操纵更稳定。可以理解的是，如果各臂中的一个比另一个远离 CoG 位置 70，则在操纵过程中叶片可能围绕其中一个臂枢转。

[0069] 上臂 52 和下臂 54 的长度也被选择为有助于在将叶片连接至转子轮毂 26 和从转子轮毂 26 断开的过程中稳定地操纵叶片 26。首先，为了稳定地将叶片 28 尽可能笔直地安装到转子轮毂 26 上，这些臂被布置成当臂从塔架 22 完全延伸时在它们的连接点处基本垂直于叶片 28 的纵向轴线 27。

[0070] 其中使第一框架部 542 和第二框部 544 沿着直线的、完全延伸的下臂 54 长于上臂

52，使得叶梢 32 比叶根远离塔架 22 倾斜。这确保了叶片 28 接近在附接至叶根支承组件 30 时将要采取的取向，这既利于将叶片 28 连接至叶根支承组件，也使得在中间位置对于叶片 28 的操纵更稳定。如图 7 所示，上臂 52 和下臂 54 在完全延伸时被布置为将叶片 28 支撑成使其纵向轴线（如图 7 中虚线所示）对齐于叶根支承组件的中心，并且使得叶根边缘大致平行于叶根支承组件布置以便于附接。

[0071] 当将叶片 28 从叶根支承件组件拆下并由此可以将叶片 28 旋转到其与塔架基本平行的收起位置时，在各臂完全收缩时，此布置中的上臂 52 必须从塔架 22 延伸比下臂 54 更大的量。这通过将第二臂构造为在肘部 540 处枢转的、接合在一起的第一框架部 542 和第二框架部 544 来实现。因此，在完全收缩位置，下臂 54 从塔架延伸大致仅第二框架部 544 的长度。

[0072] 在此实施例中，虽然连接位置距离 COG 位置 70 等距地布置，在另选实施方式中，可以调整各臂的位置以使得当叶片 28 悬挂在臂 52 和 54 上时产生旋转偏置。

[0073] 现在将参照图 8 至图 11 来描述利用上述装置将叶片 28 附接至转子轮毂 26 的过程。

[0074] 图 8 示出了起始位置，在该位置处叶片 28 处于靠着塔架的收起位置。在此位置，上臂 52 以锐角从塔架 22 延伸，并且第二框架部 544 垂直地从塔架延伸同时被支撑在衬套 550 上。下臂 54 的第一框架部 542 与塔架 22 平行。

[0075] 将缆索 80 连接到叶片 28 上的适宜的点，例如在叶根处，并且从设置在轮毂 26 内或者轮毂 26 上的绞盘或滑轮 82 悬下。缆索 80 越过绞盘或者滑轮 82。在图 8 中，绞盘或者滑轮 82 被显示为在轮毂 26 内，不过它也可以安装在其它位置，例如在轮毂 26 前方或者在轮毂 26 的顶部。所示出的位置是优选的，因为其更简洁地保持了叶片 28 与叶根支承组件之间的对准。

[0076] 在使用绞盘的实施方式中，马达（未示出）为绞盘 82 提供驱动力，以在叶片 28 从叶根支承组件拆下时为其提供支撑，并且朝向轮毂 26 提起叶片。在使用滑轮 82 时，滑轮仅仅为缆索 80 提供枢轴，并且缆索被往回进给到机舱 24 中，在机舱 24 中可以容易地定位马达或绞盘。并非必须要使用绞盘，可以使用配重来替代。例如在图 8 所示的实施例中，缆索穿过机舱 24 在机舱后方的枢轴 84 上进给，向下进给至叶片配重（未示出）。对于绞盘和滑轮 82 可以有许多不同的配置，这对于本领域普通技术人员是显而易见的。特别地，绞盘可以位于转子轮毂内以便工程师容易访问，或者位于轮毂外，对于所造成的叶片的方位来说，在轮毂外是优选的。马达可以位于风电机的机舱内，或者在塔架中的另一位置，包括塔架底座的内部或者外部。

[0077] 缆索 80 可以提供或者不必提供用于提升风轮机叶片的全部提升力，并且臂 52 和 54 自身可以有利地包括电力驱动装置或者液压驱动装置以使臂 52 和 54 在支承风轮机叶片的同时在延伸位置和收起位置之间移动。可以使用位于风轮机内（例如在机舱或者塔架内）的控制系统，以根据需要对臂进行操作。有利地，塔架提供了进出舱口，以使维护工程师接近臂铰接部并在需要时执行维护。在一个实施方式中，臂 52 和 54 可以提供支承风轮机叶片的重量所需的全部力，而缆索 80 用作附加的导向件。

[0078] 在图 9 中，绞盘 82 拉动缆索 80 以朝向叶根 30 提升叶片 28。随着叶片 28 向上提升，上臂 52 和下臂 54 也被向上拉动，从而开始进一步从塔架 22 延伸。如上所述，臂 52 和

54 也可以提供将叶片提升到位的力，从而允许缆索 80 在将叶片定位到轮毂上的过程中执行更多的导向功能。

[0079] 在图 10 中，叶片 28 被示出为更靠近叶根支承组件，并且各臂更完全地延伸。随着臂延伸，这些臂将叶片 28 支撑为远离塔架并且因此将叶片倾斜，使得叶片上的叶根边缘与轮毂 26 上的叶根支承组件的边缘对齐。

[0080] 随着绞盘 82 朝向轮毂 26 继续牵拉叶片 28，叶片 28 最终到达叶根的边缘 90 与叶根支承组件的边缘 92 接合的位置。在此位置，上臂 52 和下臂 54 完全延伸，并且将叶片 28 稳定地保持在叶根支承组件处的合适位置。在此位置，维护工程师在轮毂 26 中可以进行必要的机械连接，以在叶片 28 被支撑的同时将叶片 28 固定到位。图 8 至图 11 进一步示出了附接至叶根支承组件的装置（并且在边缘 92 上也可见），该装置与在叶根内的互补装置相互协作，并且确保了叶片 28 在被接收在轮毂 26 处时被正确地定位。这将在下文参照图 14 至图 18 描述。

[0081] 一旦叶片 28 借助叶根支承组件靠着转子轮毂 26 紧固到位，将臂 52 和臂 54 从叶片 28 拆下而使其向下进入靠着塔架的收起位置。为此，各臂也有利地设有控制系统，该控制系统能够使得与叶片 28 形成的连接被断开，并且使得各臂在它们的完全延伸位置与完全收起位置之间移动。在臂 52 和臂 54 未被提供动力的实施方式中，缆索 80 可以用于将各臂安全地降至它们的收起位置。

[0082] 一旦附接了叶片 28，可将机舱 24 旋转成使轮毂 26 现在位于将要附接的下一叶片 28 的正上方。轮毂 26 被旋转成使得叶根支承组件面向被收起的该下一叶片 28，并且重复在图 8 至图 11 中所示出的过程。

[0083] 拆卸叶片涉及类似的过程。将轮毂 26 旋转至其中一个叶片 28 直接向下悬挂的位置，并且使机舱 24 旋转为使得叶片 28 与塔架 22 上的可用的臂装置 50 一致。然后使得臂 52 和 54 进入可以与转子叶片 28 接合的延伸位置，同时将缆索 80 附接至叶片中的适宜连接点，例如在转子叶片的叶根的连接点。在叶片被从轮毂 26 上拆下时，臂或者缆索之一或者两者支撑叶片的重量。

[0084] 可以以多种方式来实现将臂 52 和 54 连接至转子叶片上的一个或更多个连接点。在一个实施方式中，臂 52 和 54 被提供动力并且可以由维护工程师从机舱致动。假设转子叶片向下倾斜，朝向六点钟位置，则可对各臂进行致动以使得它们从收起位置进入到准备好接合转子叶片的位置。连接点定位在叶片上的这样的位置处，这些位置与各臂在被致动时所采取的位置相对应。因此，一旦叶片处于六点钟位置，维护工程师就知道臂连接器装置 526 和 552 位于叶片中的适宜连接器配合连接件附近。于是，维护工程师可以致动臂以接合叶片而形成连接。

[0085] 在一个实施例中，叶片中的隔室是锥形的，在叶片表面附近具有大的开口并且随着延伸进入叶片内部而变窄。大的开口为臂 52 和 54 上的连接器装置 526 和 552 提供了在配套连接器附近被接收在叶片中的容差，而不存在要求各连接部件精确对准的初始要求。在正常使用中，锥形隔室的开口由叶片外壳覆盖。

[0086] 一旦连接器装置位于锥形隔室内，该锥形部分将连接器装置 526 和 552 引导至位于叶片内的配套连接器。在此过程中，叶片可以在臂 52 和 54 的作用下自然地稍微移动，以便容纳连接器装置 526 和 552。叶片中的配套连接器装置因此可以包括闩锁机构，使得一旦

连接器装置采取了待接合的正确位置就被闩锁到位。这种闩锁可以是以机械方式或者电子方式接合的。优选地，如果闩锁是能以电子方式释放的，则释放操作可以远程进行。

[0087] 为了朝向对应的配套连接器引导连接器装置 526 和 552，隔室并不需要仅仅是锥形的，也可以使用诸如渐窄的曲面或者台阶表面等的其它形状。

[0088] 如果需要，在各个臂 52 和 54 上设置的连接器装置 526 和 552 可以被载于可移动的支承件上，可以由机舱或者塔架中的维护工程师远程操作，并且允许连接器装置 526 和 552 以及臂 52 和 54 具有一定程度的运动。这使得维护工程师能够利用臂 52 和 54 的粗动以及可移动支承件的更精细运动来朝向叶片引导连接器装置。

[0089] 然后将叶片 28 从叶根支承组件拆下，以使得叶片的重量被支承在缆索 80，并且较小的重量支承在臂 52 和 54。然后在绞盘 82 上慢慢放出缆索 80，叶片 28 朝向其收起位置下降。臂 52 和 54 逐渐朝向塔架折叠，并且一旦叶片完全降下，臂 52 和 54 就通过机械系统或者电子系统被锁定到位。

[0090] 如上所述的装置也可以在维护操作中使用，例如在叶根上或者在轮毂上的叶片连接环上进行作业之类的维护操作中使用。例如，可以进行的一种特殊的维护操作是在叶根处的附接位置更换叶片支承环。在此情况下，在叶片在延伸位置或者在收起位置被支撑在臂上的状态下，可以修理叶片支承环或者从叶片拆下并更换叶片支承环。如果此操作在延伸位置进行，则臂能被锁定到位以提供附加支撑会是有用的。否则，叶片可以简单地支撑在缆索上或者由被供以动力的臂支撑。

[0091] 在如上所述的实施例中，上臂 52 和下臂 54 为被绞盘 82 朝向轮毂 26 拉动的叶片 28 提供大部分支撑。在另选实施例中，可以除去绞盘 82，臂自身为拆装叶片提供原动力。将参照图 12 和图 13 来描述这样的实施例。

[0092] 如上所述，臂装置 50 设置在塔架 22 上用于支撑叶片 28，该臂装置包括上臂 52 和下臂 54。在此实施例中的臂设有液压或电动系统，用于负担叶片 28 的提升重量。此外，臂的铰接部被稍微调整。

[0093] 下臂 54 稍微远离塔架 22 安装在衬套 548 上，并且该下臂 54 包括第一部分 542 和第二部分 544，该第一部分围绕衬套 548 枢转并且第二部分 544 围绕第一部分枢转。当连接至叶片 28 时，臂 54 的第二部分 544 沿着叶片边缘布置，由此对于叶片的重量提供增大的支撑。优选地，第二部分 544 沿着叶片 28 延伸并且与供上臂 52 连接至叶片的位置结合。

[0094] 图 14 和图 15 示出了用于将叶片 28 引导到正确位置以与叶根支承组件的边缘 92 连接的装置。在图 14 中，叶根支承组件从侧面示出，并且可以看到将一个或更多个导向杆或销子 94 支承在边缘 92 上。这些元件优选地由与叶根支承组件的边缘 92 类似的金属材料制成，从而是耐用的，并且会在叶片 28 到达轮毂 26 时在这些元件与叶片接触的情况下抵抗任何压缩力或剪切力。

[0095] 如图 15 所示，导向杆 94 与叶片 28 的叶根上设置的互补的插座状部分 96 相互协作。为了在本文讨论的目的，叶根可以被认为是基本圆柱形的部分，该基本圆柱形的部分具有用于接合轮毂 26 上的叶根支承组件的大致圆形的末端凸缘 98。多个金属螺栓 100 从凸缘 98 延伸并且必须被紧固至叶根支承组件中的对应的孔。在风轮机支承件的某些设计中，可以是 180 个螺栓来正确对齐在支承组件中的对应的 180 个孔，并且在螺栓和接收螺栓的孔之间具有仅仅比如 3mm 的间隙。可以理解的是，在凸缘 98、螺栓 100 和叶根支承组件的

对应的孔之间的对齐中，即使是小的偏差，也会使叶片 28 与支承组件不能接合；并在最坏的情况下，可能导致螺栓或者支承组件自身的损坏。对齐的问题在叶片重量的作用下加重，叶片重量在此处所描述的实施例中可以是大约 30 吨以上。导向杆 94 和插座状部分 96 因此在叶根和支承组件 30 上设置成使得当导向杆 94 被接收在插座 96 中时，叶片将会正确对准，从而避免损坏并且节约装配过程中的时间。

[0096] 插座状部分 96 因此邻近凸缘 98 位于叶根内部。在所示实施例中，插座状部分 96 是由各肩部 962 所限定的锥形槽 960，具有用于接收导向杆 94 的宽开口 964。随着凸缘 98 和叶根支承组件 30 之间的距离拉近，导向杆 94 因此可以首先以一些容差定位在该开口 964 中。随着凸缘 98 和叶根支承组件 30 之间的间隙减小，导向杆 94 接合肩部 962 并且朝向锥形槽 960 的中心移动，直到被完全接收在两个肩部 962 之间。为此，导向杆 94 也具有锥形形状以与肩部 962 和锥形槽 960 协作。导向杆 94 和插座状部分 96 因此共同作用，以将叶片 28 旋转至用于附接在叶根支承组件 30 上的正确位置。

[0097] 导向杆 94 在图 16 和图 17 中更详细地示出。图 16 单独示出了导向杆 94 的形状的两个视图。如在图中所见，导向杆是大致 L 形的，具有用于与插座状部分 96 接合的连接部 940 以及用于与叶根支承组件 30 接合的短凸缘部 942。连接部 940 是锥形的但是在其长度上的中间部具有轻微弯曲（在图 14 中可以更容易看到这一点），这便于连接部 940 与插座状部分 96 连接。

[0098] 利用穿过凸缘部 942 内的孔的螺栓或螺钉来将导向杆 94 连接至支承组件 30。图 17 示出了叶根支承组件 30 并且示出了用于导向杆 94 的附接位置。在此实施例中，叶根支承组件 30 包括三个分立的支承环，即：外环 302、中间环 304 和内环 306。叶根凸缘 98 的螺栓 100 被接收在中间环 304 的孔内。导向杆 94 因此被附接至内支承环 306 使得在使用中这些导向杆位于内侧并且延伸进入叶根凸缘 98 内部。在使用中，可以精细地旋转可移动的中间环 304，以将其上的孔与螺栓 100 对准。另选地，该可移动的中间环 304 可以定位在内支承环或者外支承环上，以使得中间支承环 304 的孔与在固定的内环 306 上的导向杆以已知的方式对准。将叶根凸缘 98 移动到位，以使得插座 96 与导向杆 94 接合，确保螺栓 100 也被适当定位以与它们对应的孔接合。然后使得插座 96 和导向杆 94 更加靠近在一起，于是在作用在插座 96 上的导向杆 94 的作用下，确保了叶根凸缘 98 可以针对螺栓 100 采取准确的旋转位置，以准确地与孔接合。

[0099] 在图 17 中，虽然只示出了彼此处于等角度关系的三个导向杆 94，但是可以理解的是如果需要也可以以等距或者其它方式使用更多数量的导向杆 94。

[0100] 图 21 示出了导向杆 94 的附接位置的另一实施方式。在此实施例中，叶根支承组件 30 包括两个分立的支撑环，即：内环 306’和附接到轮毂上的外环 302’，该内环可相对于外环 302’旋转并且该内环的孔接收叶根凸缘 98 的螺栓 100。导向杆 94 附接至可相对于外环 302’旋转的内环 306’，并且导向杆 94 和内环 306’上的孔之间的位置关系以及插座状部分 96 和螺栓 100 之间的位置关系被预先定义为导向杆 94 和插座状部分 96 之间的对准将确保孔和螺栓 100 之间的对准。当导向杆 94 与接收导向杆 94 的插座状部分 96 未准确对准时，可以通过旋转供附接导向杆的内环 306’来精调导向杆 94 的位置以及由此调整内环上的孔的位置。在此实施例中，导向杆 94 附接至内支承环 306’的内表面而不是经过在支撑环的环形表面上的附接孔附接。为此，导向杆 94 可以具有展平的形状而不是图 16 中的 L

形，从而使得孔 944 被用于支撑将杆 94 固定至支承环内表面的紧固件。另选地，如果内环紧固至轮毂并且外环紧固至叶片，则导向杆 94 可以附接至外环以便于调整导向杆 94 的位置。在此情况下，导向杆 94 可以安装在支承环外部。

[0101] 在图 15 中，插座状部分 96 被示为用于附接至叶根内部的附加件。于是，插座状部分可以用类似金属、强化塑料等的适宜材料制成，并且利用螺栓或者粘合剂紧固到位。这一布置是有利的，因为这相对简洁地将插座附接到位。然而，在另选实施方式中，插座状部分 96 可以集成到叶根，如同槽 960 被加工到叶根自身中一样。此外，虽然为了便于使用，锥形槽是优选的，但插座也可以使用其它形状来与导向杆 94 协作，例如简单的孔、壁或栓钉装置。

[0102] 现在将参照图 18 至图 20 来描述插座状部分 96 的另选实施方式。如图 18 所示，插座状部分 96 设置有图 15 中的锥形槽 960、肩部 962 和开口 964。然而，在开口 964 处，插座状部分设置有从该开口向外延伸的唇部 968。唇部 968 的宽度大于插座状部分 96 的其它部分的宽度，并且在唇部的与开口 964 相对的边缘上设置有多个凹部 970。系带或者缆索 972 围绕唇部 968 紧固到位。这些在图 19 中可以更容易地看到。

[0103] 在使用中，通过将缆索 972 围绕凸缘 98 上的多个螺栓 100 附接，将插座 96 在叶根内侧保持就位。在此布置中，唇部 968 从凸缘 98 稍微向外延伸，而唇部 968 的更大宽度意味着螺栓 100 被接收在凹部 970 内。缆索 972 的张力将插座状部分 96 保持到位而无需粘合剂。以此方式，当将螺栓 100 拧入叶根支承组件 30 的孔内时，使得叶片凸缘 98 和叶根支承组件 30 到一起，唇部 968 将位于凸缘 98 和支承组件 30 之间。然后，可以切断缆索 972，插座 96 被卸下而进入叶根凸缘 98 内部。在轮毂 26 内作业的维护工程师于是可以回收插座 96 用于以后使用。

[0104] 在另选的实施例中，导向杆能够位于叶根凸缘 98 上，而插座状部分 96 位于叶根支承组件 30 上。此外，在图 15、图 16、图 17 和图 21 中所述的引导装置可以用于桨距不可调的叶片，在这样的叶片中叶片不使用可动支承件而直接安装到轮毂上。

[0105] 如上文所提到的，在将塔架 22 运输到离岸安装场所的过程中，图 4 所示的叶片靠着塔架的布置是有利的。特别地，将叶片靠着塔架储存或者运输大大简化了安装。塔架可以在陆上装配，例如在诸如干燥码头的场所装配，并且借助于相应的支撑臂 52 和 54 将三个风轮机叶片 28 附接至塔架。这大大减少了对于大型起重机操作的需要，因为塔架和叶片可以水平地装配并且塔架和叶片的组合后的单元可以随后利用岸上起重机提升到竖直位置。通常，此操作中需要四次分立的提升操作，一次用于塔架以及随后的提升操作用于每一个叶片。机舱可以利用随后的提升操作最后附接至塔架，并且半组装的塔架然后可以通过轮船或者驳船运输至安装位置。在安装过程中，风轮机叶片可以利用绞盘 82 或者风轮机的塔架上起重机，或者利用船上起重机提升到位。

[0106] 支撑臂可以保留在塔架外部，以用于以后的任何维护或维修操作，从而在需要将风轮机叶片从转子轮毂拆下时，有用地将风轮机叶片靠着塔架 22 固定。严格来讲，仅仅是在维护过程中用于支撑一个风轮机叶片的一组支撑臂需要被保持在塔架上，从而如果需要可以将其它两组支撑臂去除。

[0107] 虽然涉及离岸式水平轴风轮机描述了本发明的实施例，但是可以理解的是，本发明在适当情况下也可以用于陆上风轮机，或者用于竖直轴风轮机。虽然，在上文已经结合此

设备描述了叶根支承组件的具体类型，但是本发明并不限于这种组件类型。其它的组件对于本领域普通技术人员也是显而易见的。

[0108] 此外，虽然本发明通过多个单独的实施例进行了说明，但是应该理解的是，这些分立的实施例的特征也可以组合使用。

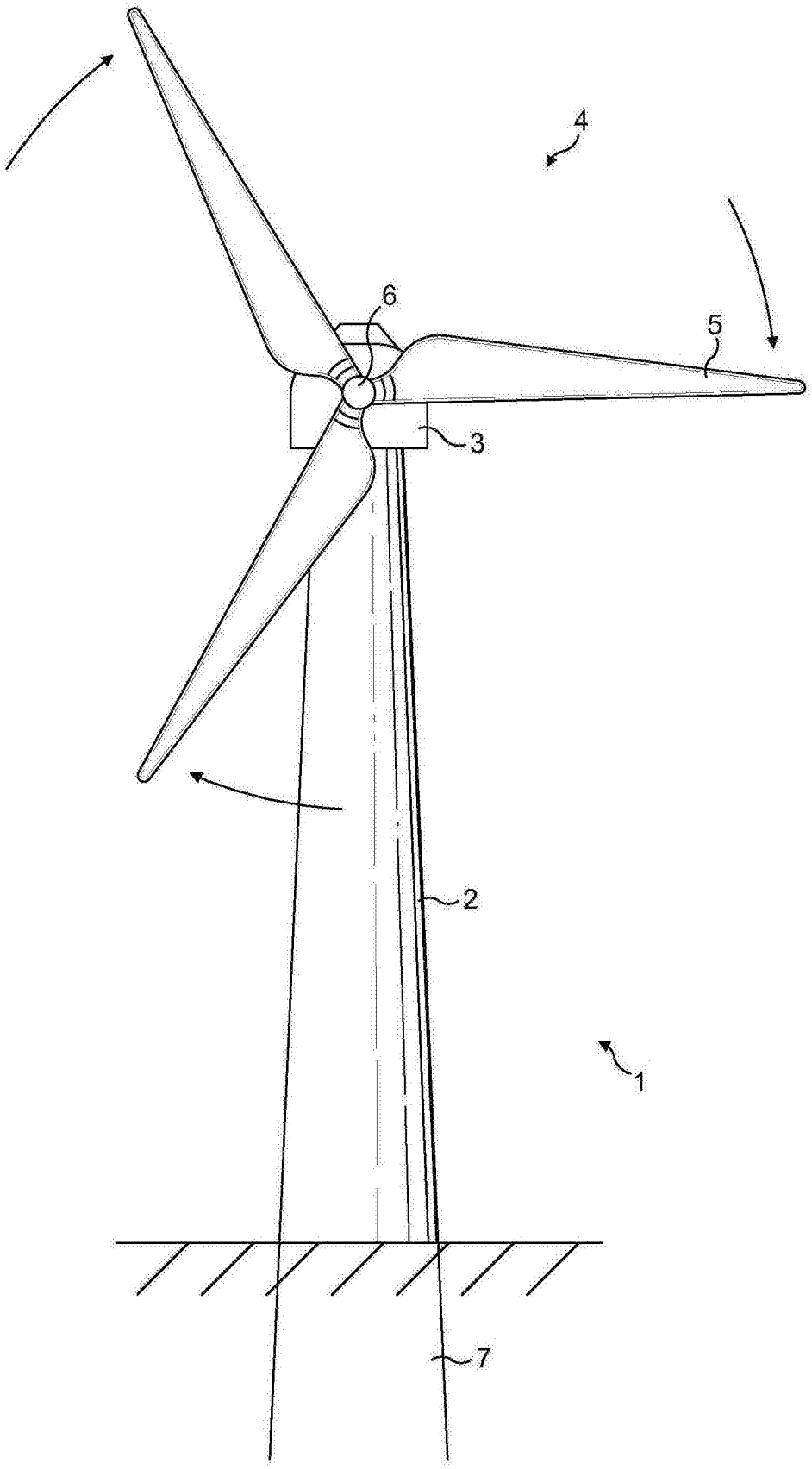


图 1

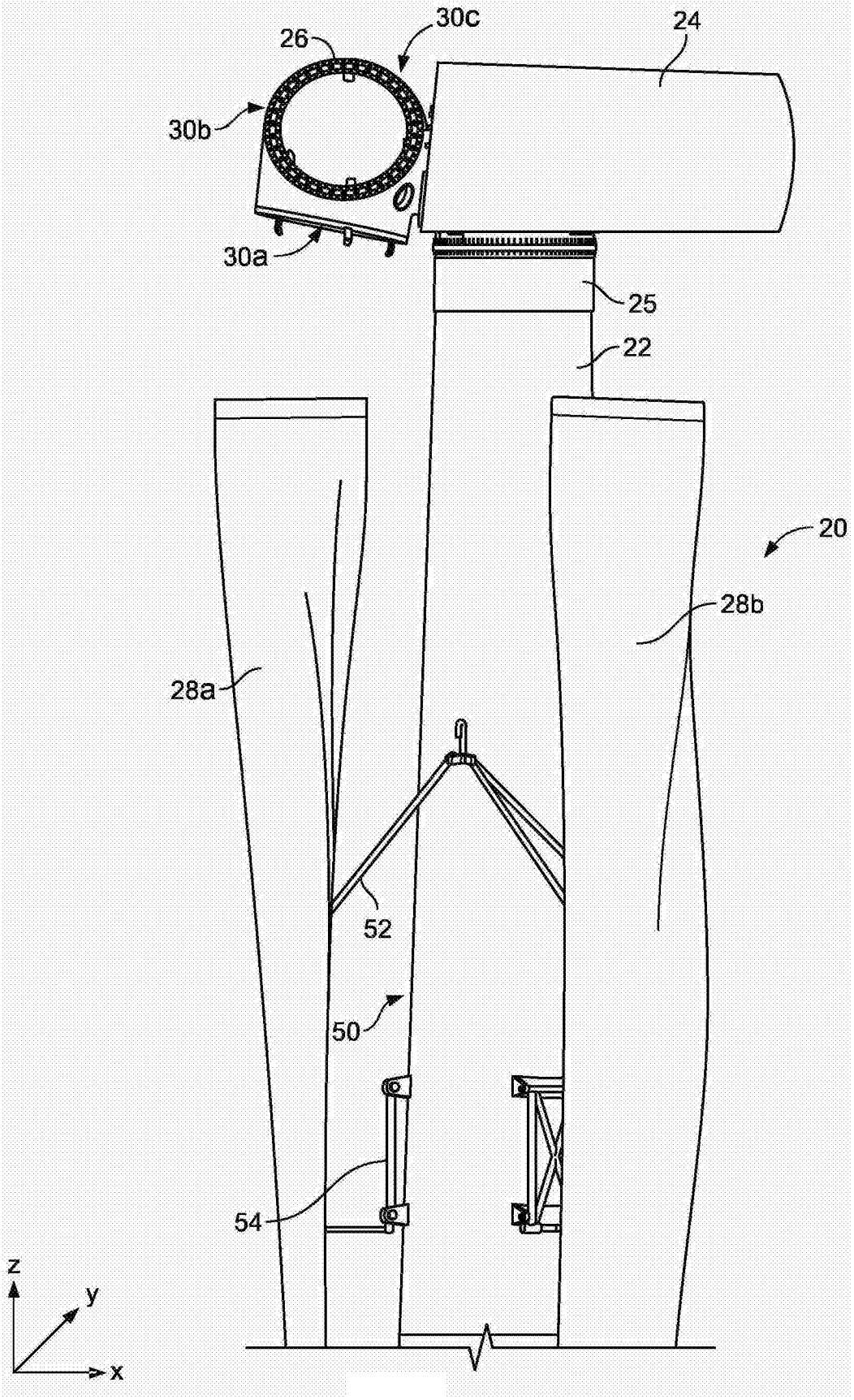


图 2

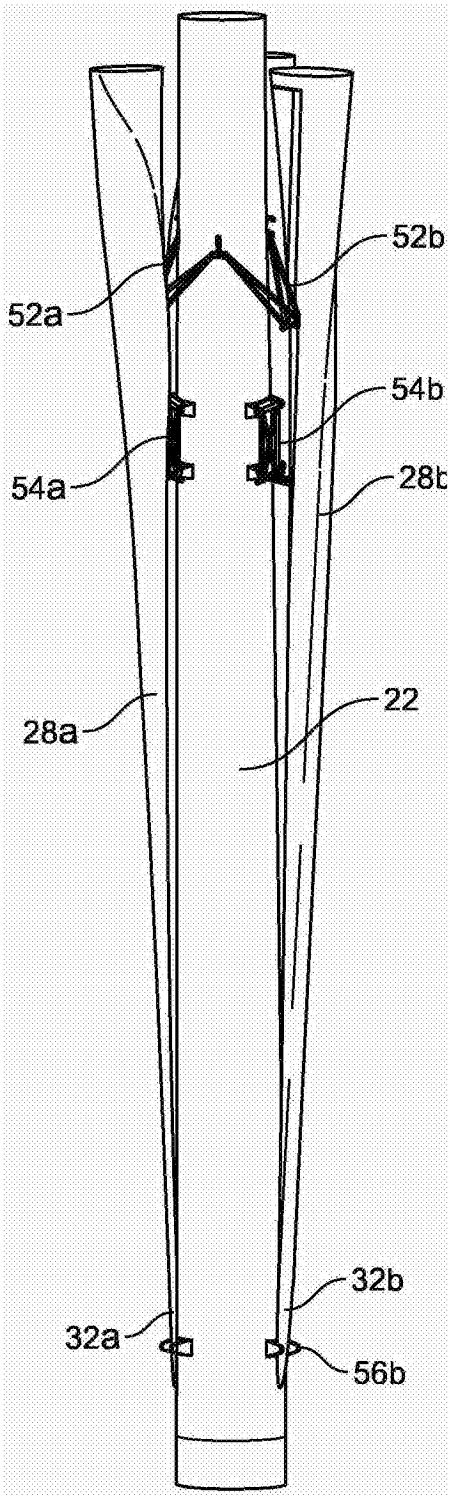


图 3

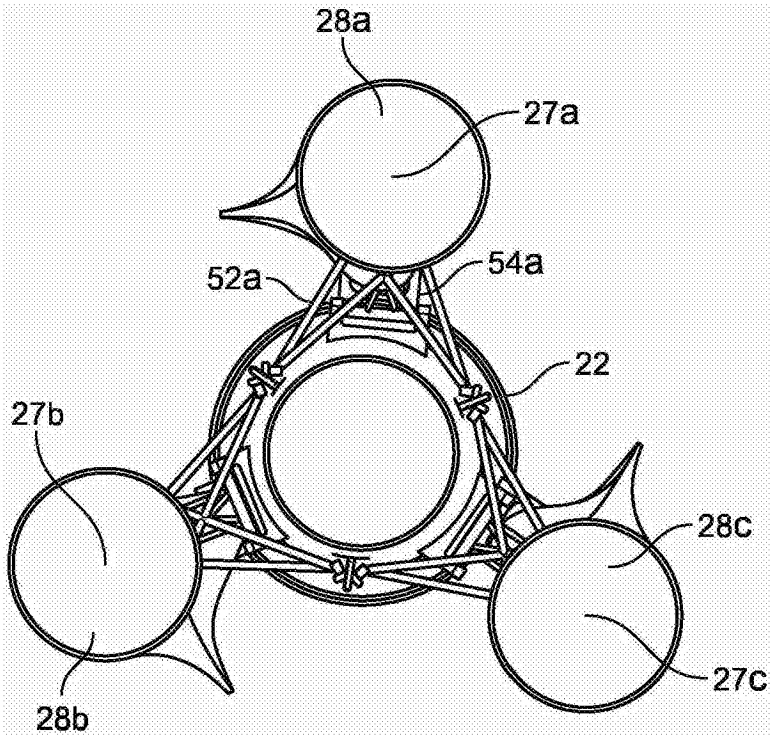


图 4

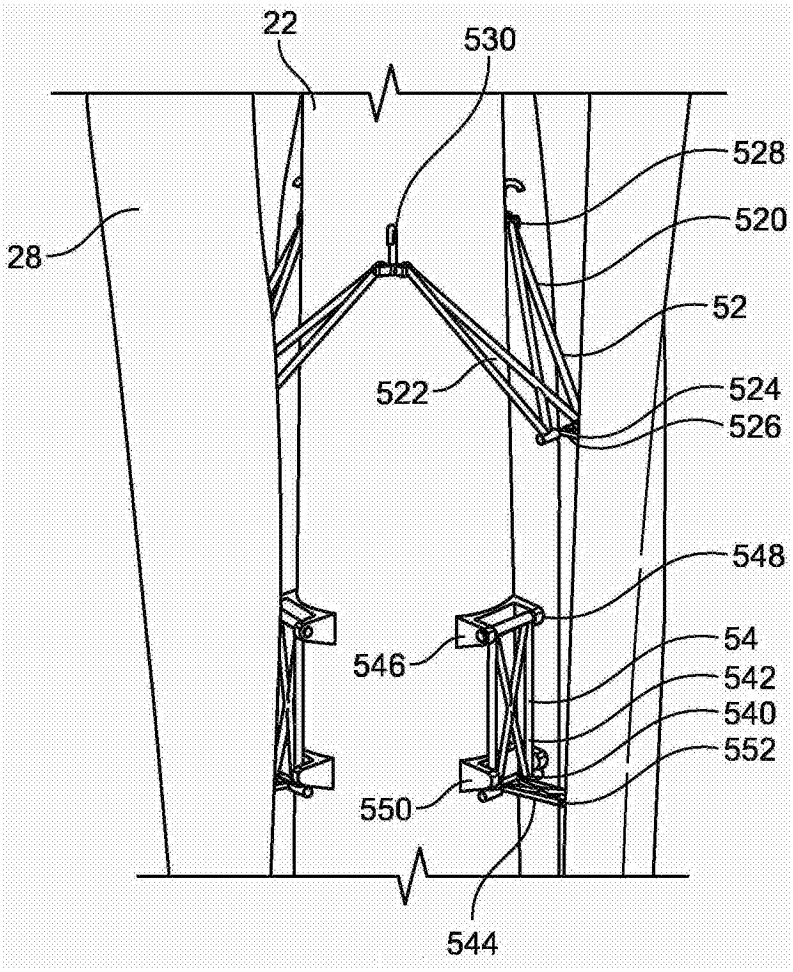

22
530
528
28
520
52
522
524
526
548
546
54
542
540
552
550
544

图 5

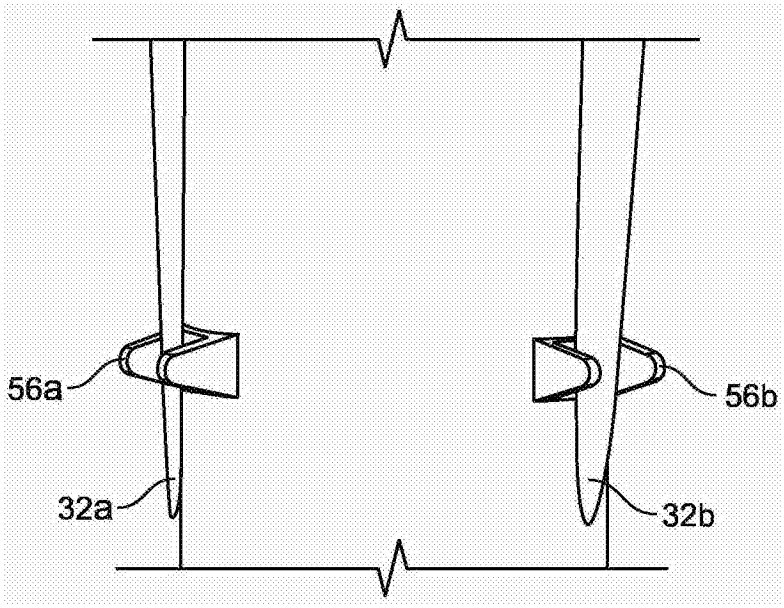

56a
56b
32a
32b

图 6

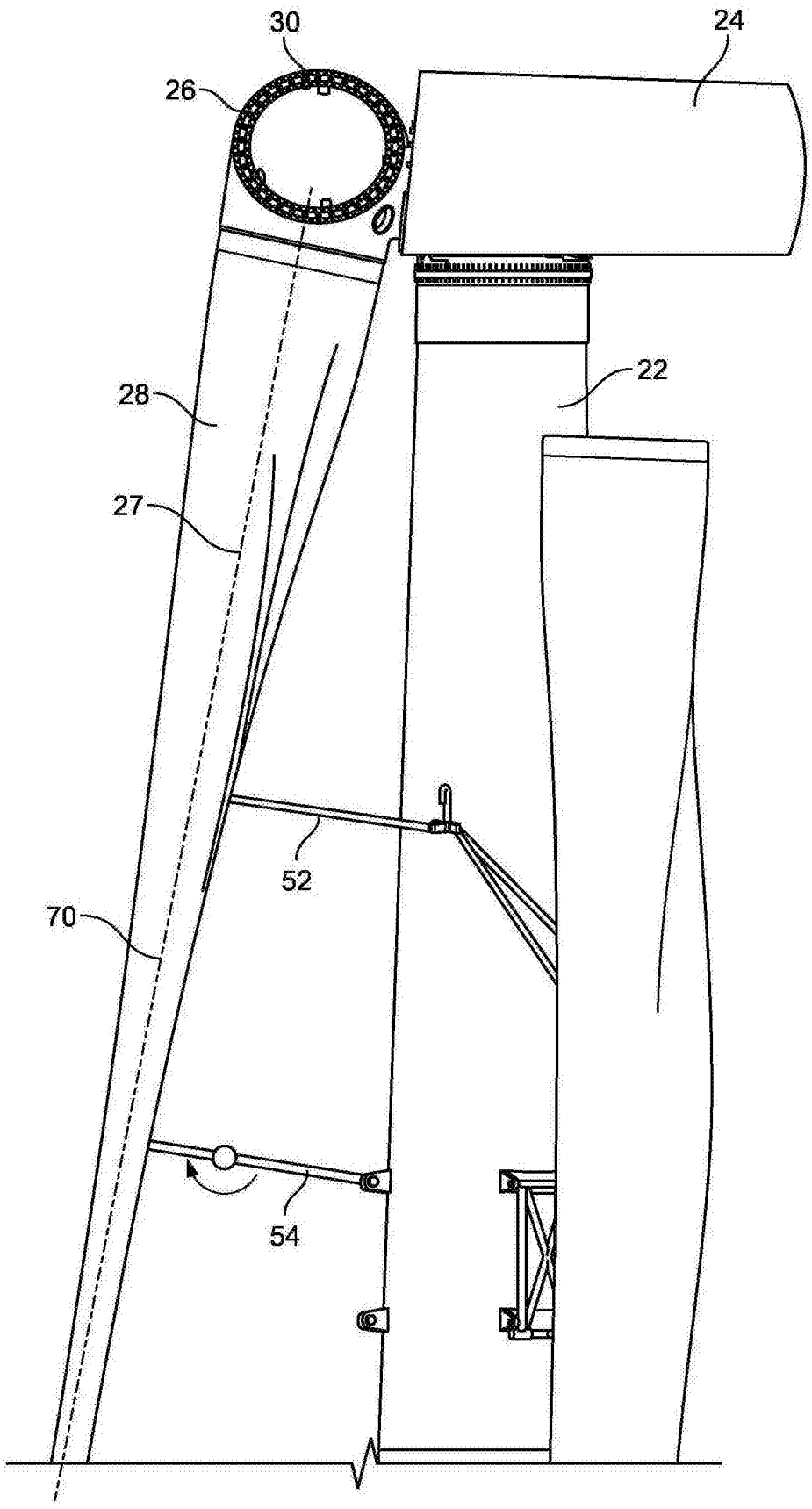


图 7

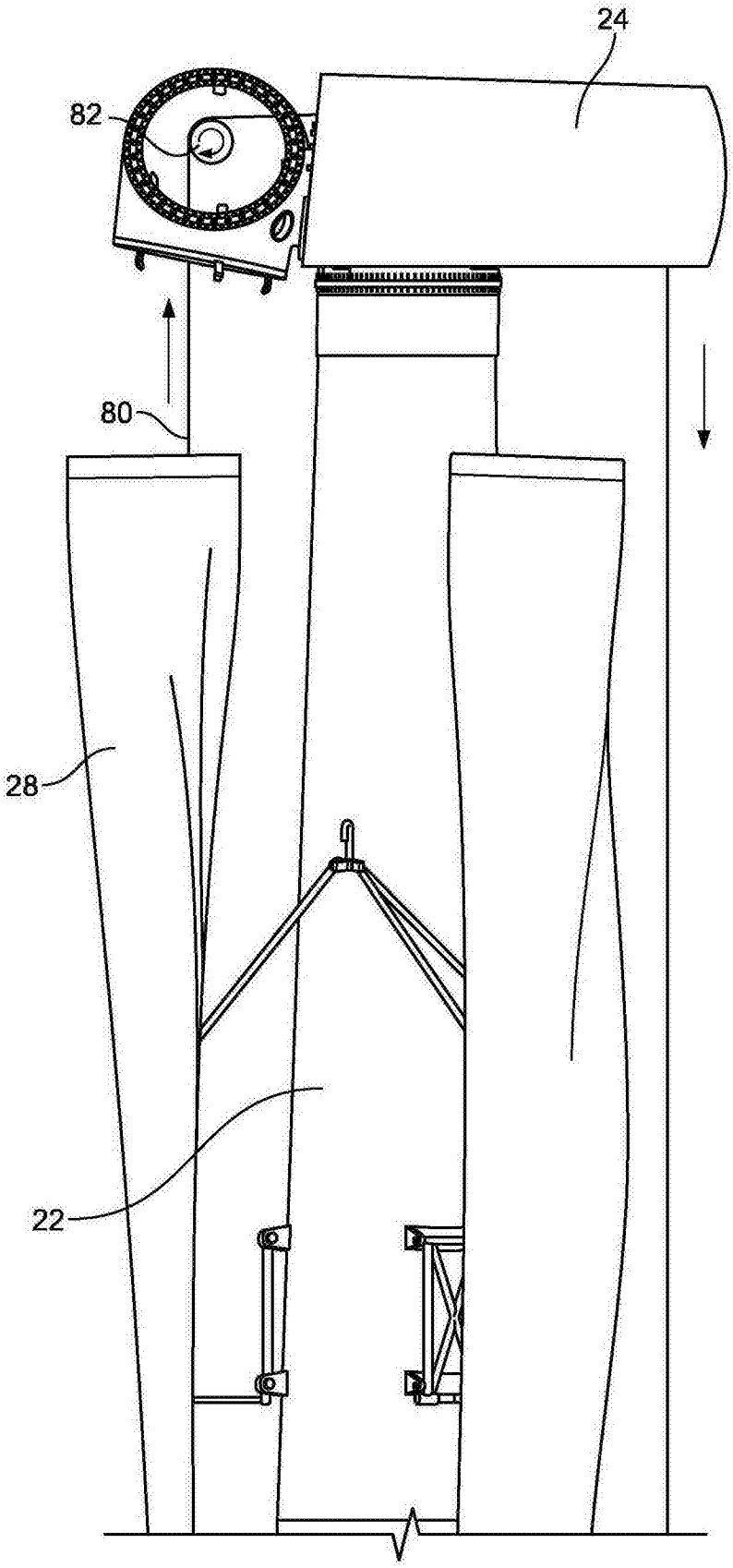


图 8

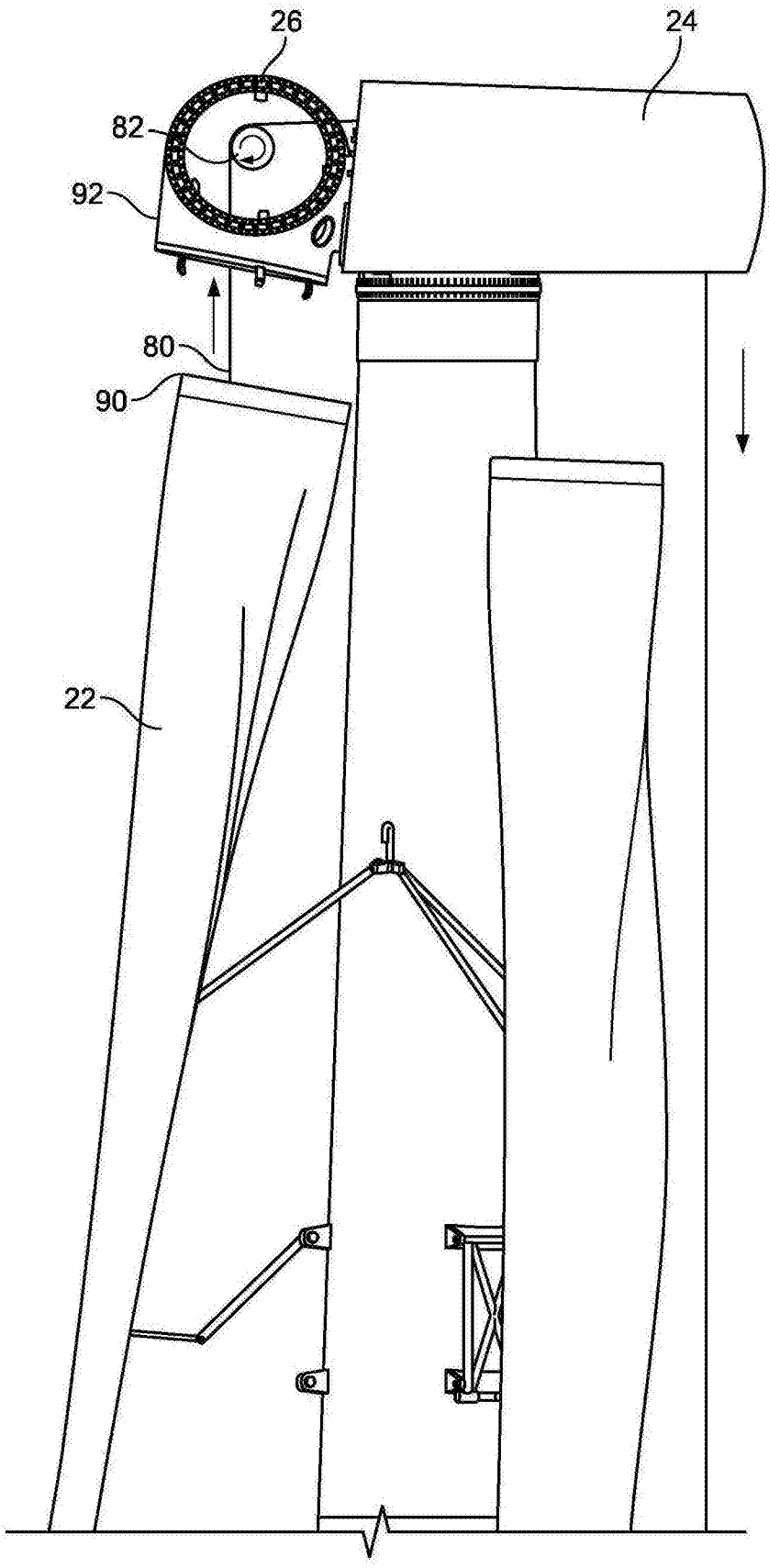


图 9

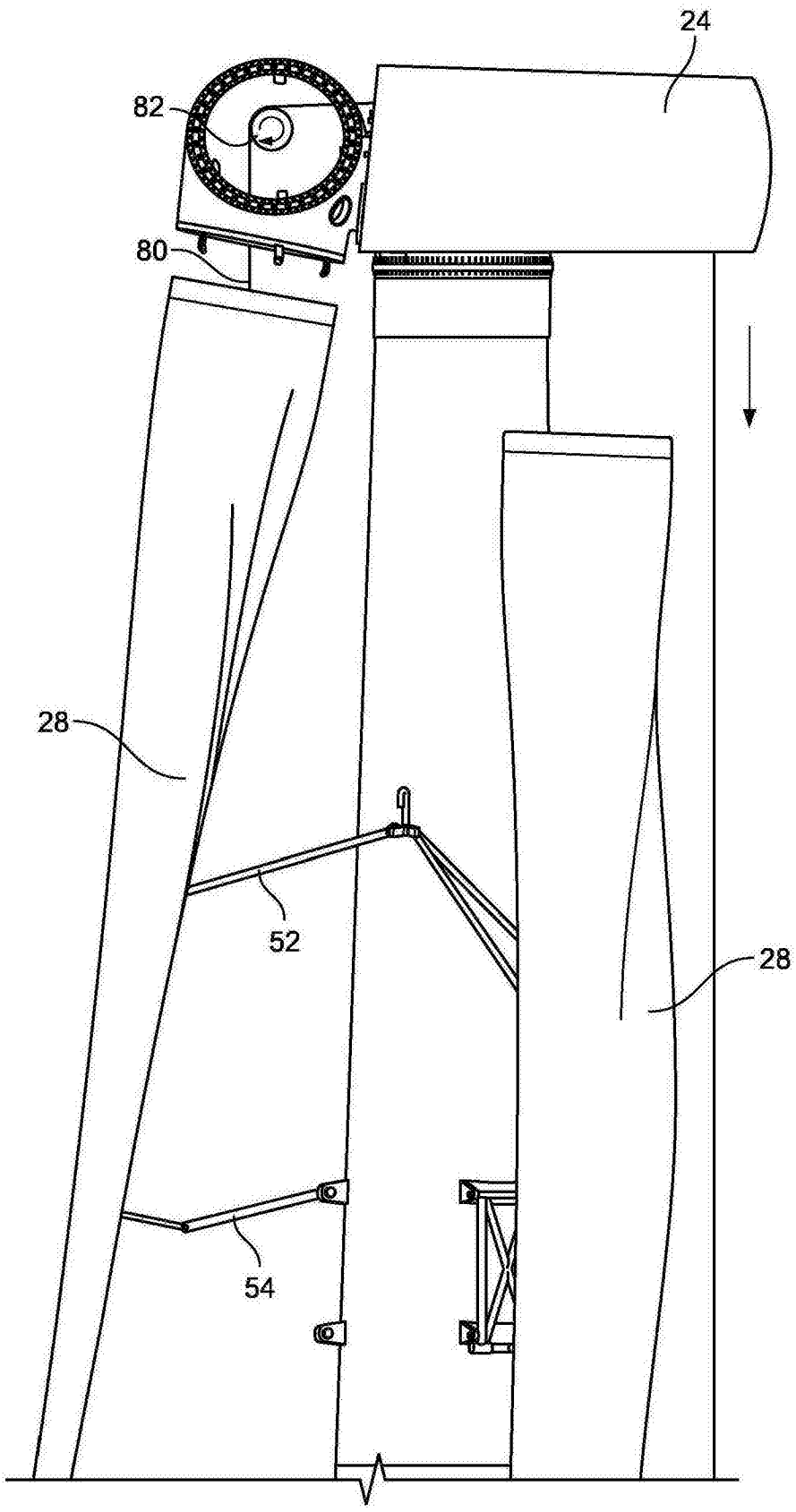


图 10

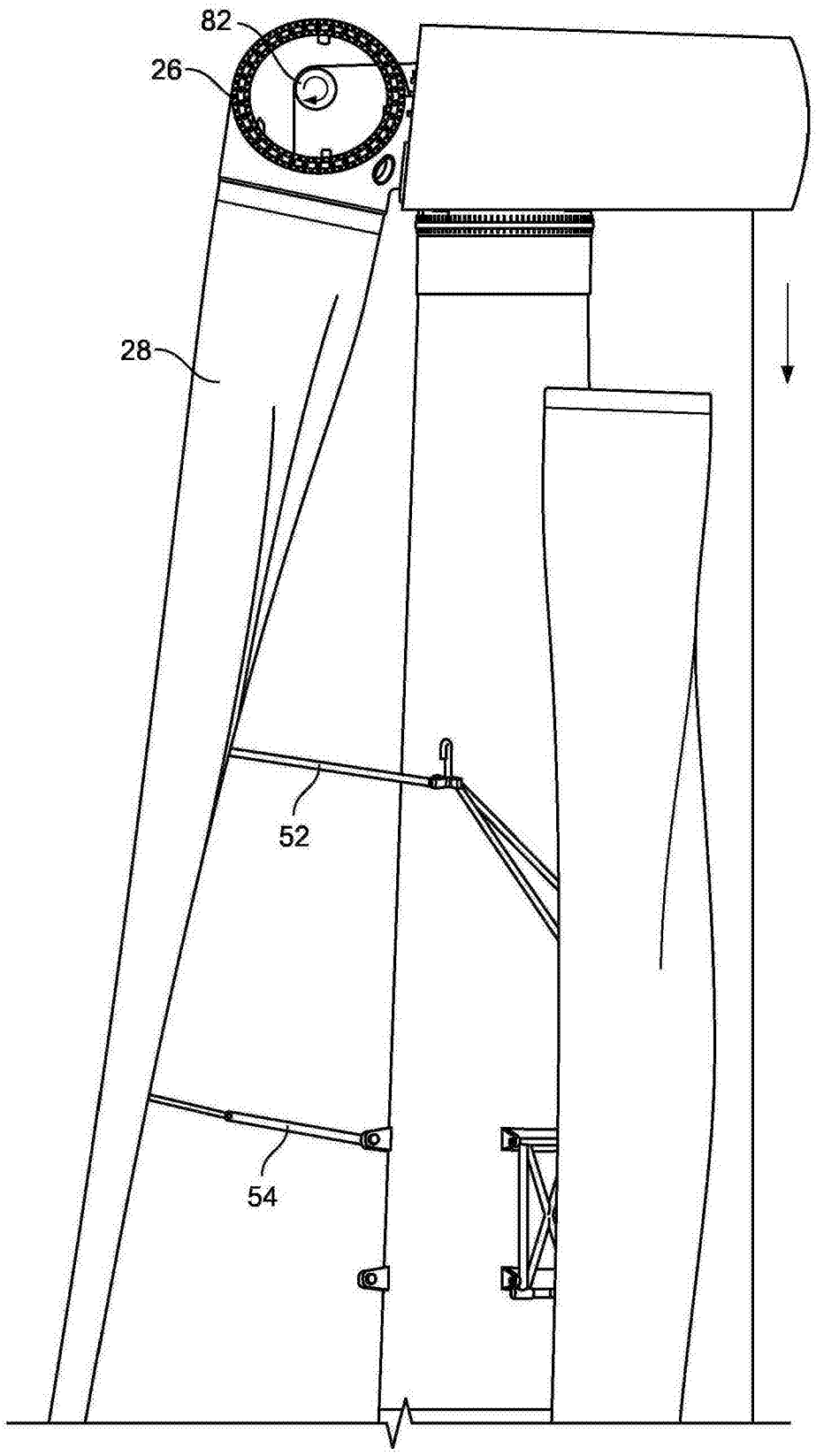


图 11

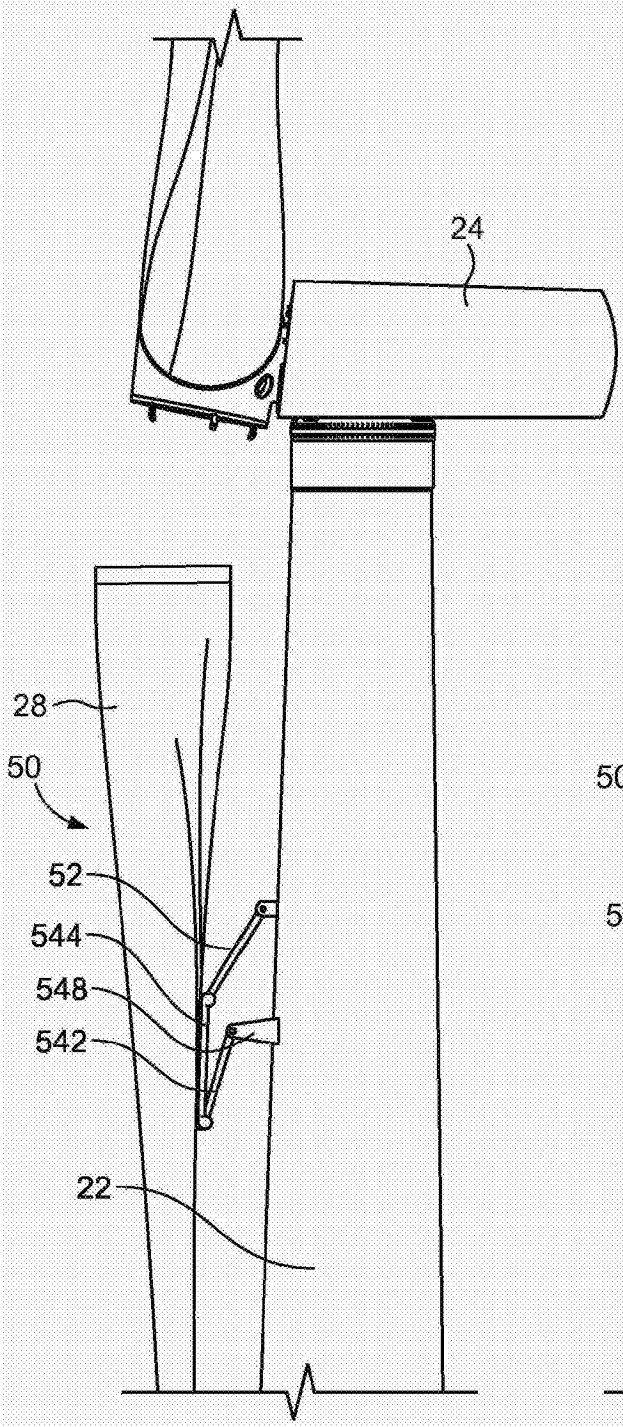


图12

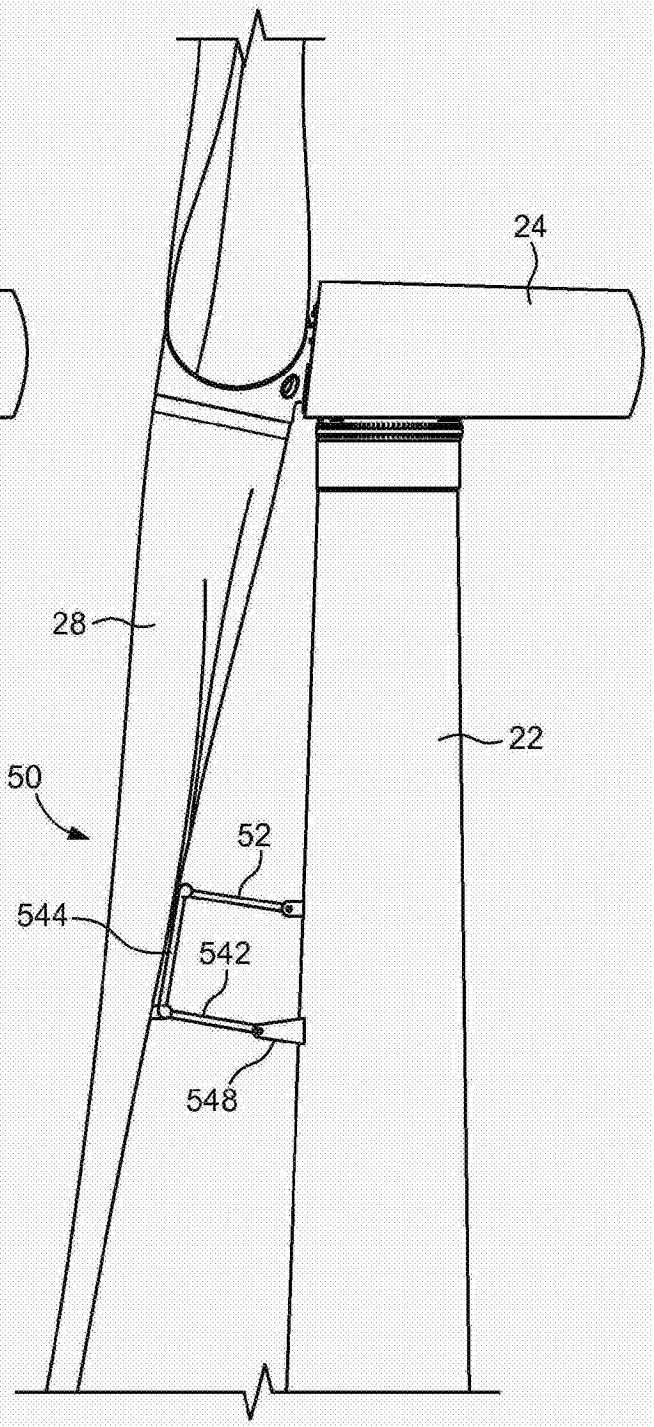


图13

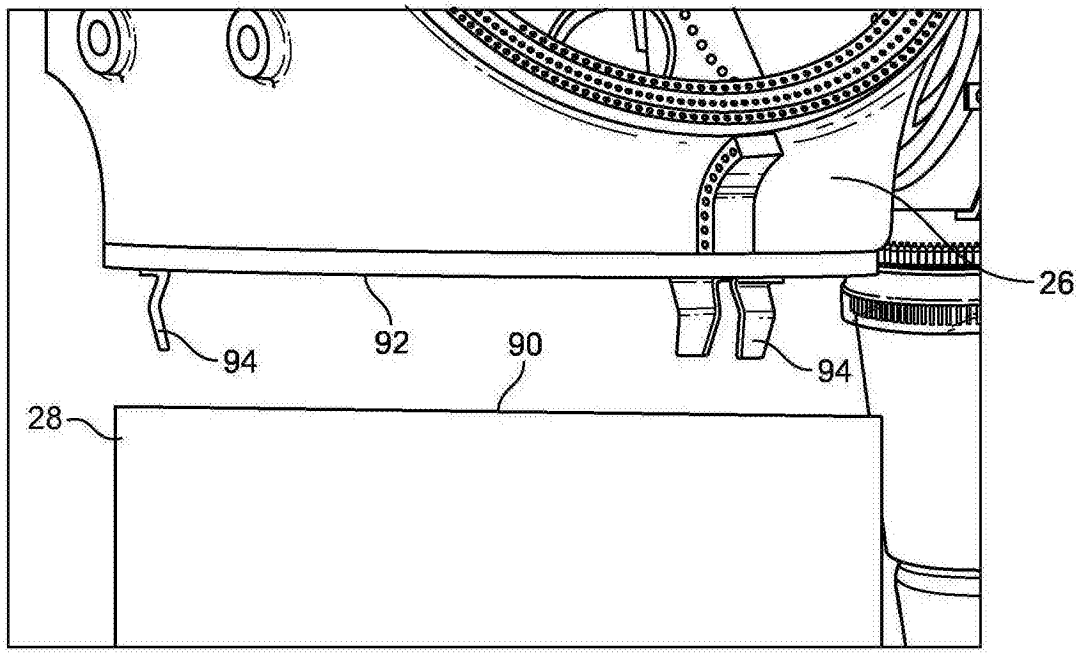


图 14

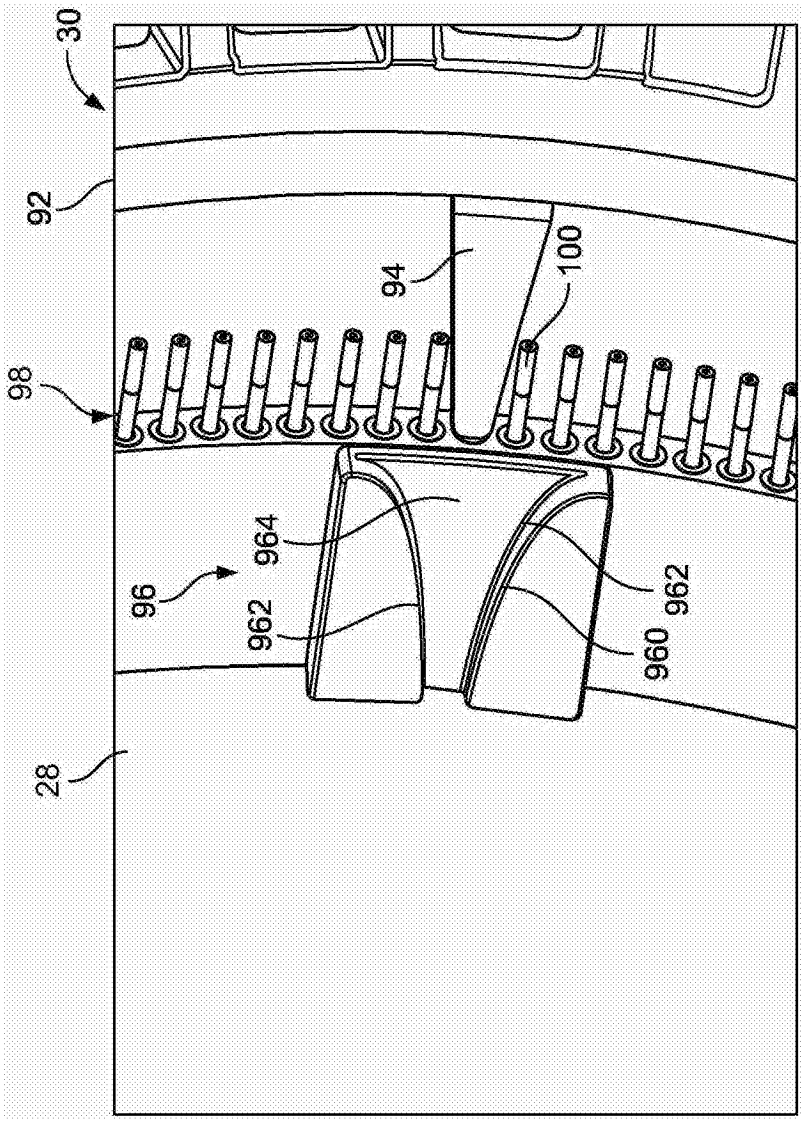


图 15

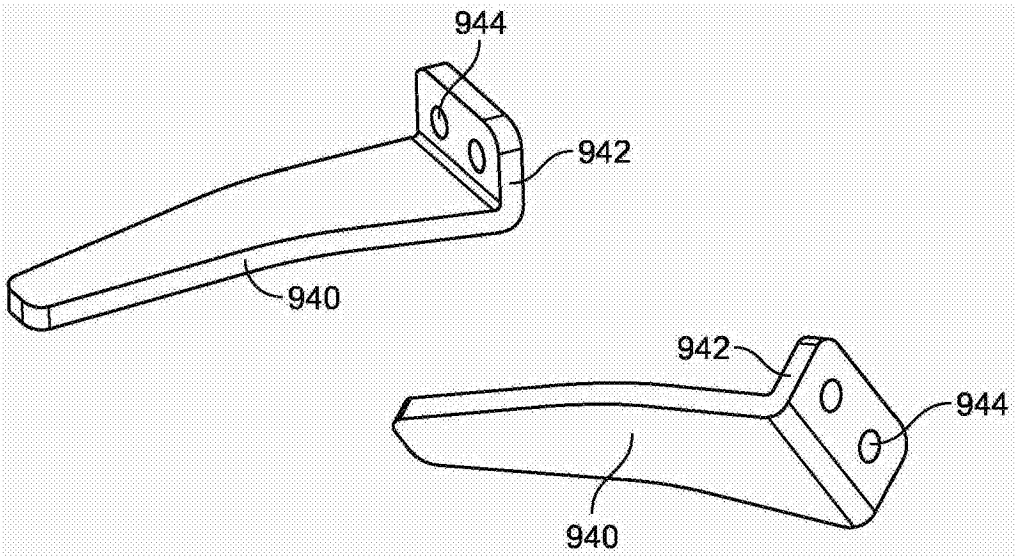


图 16

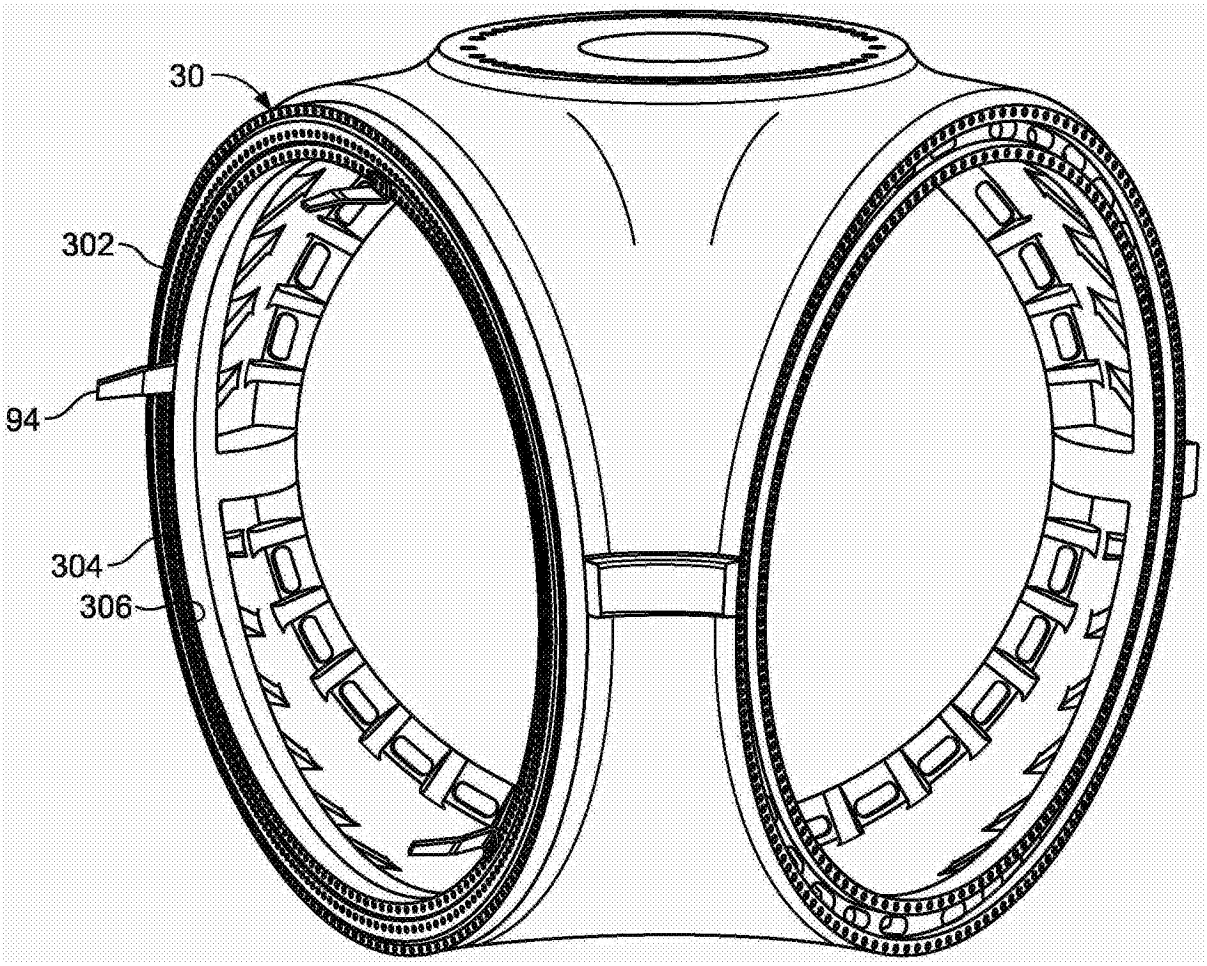


图 17

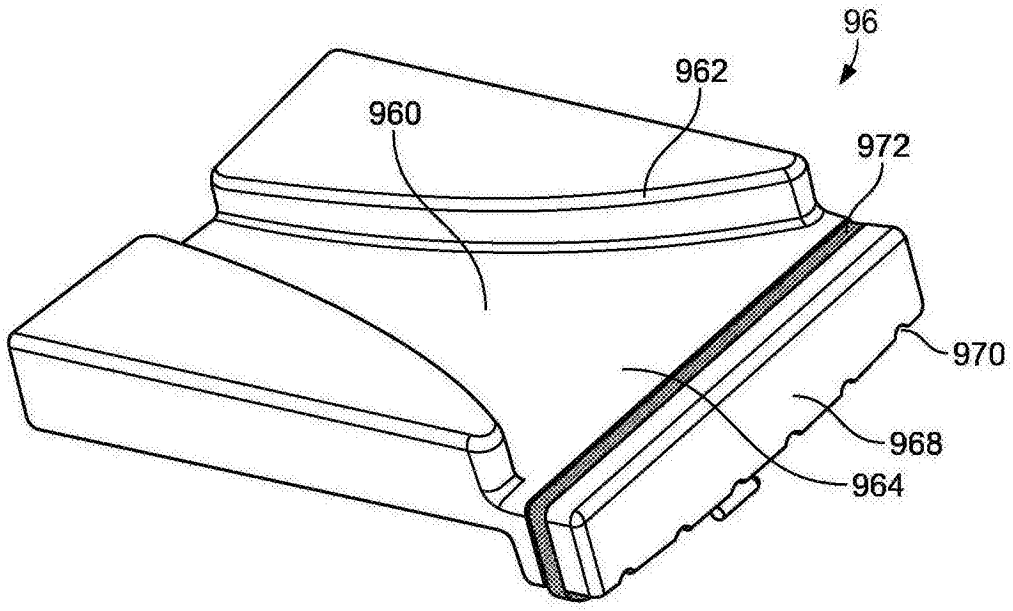


图 18

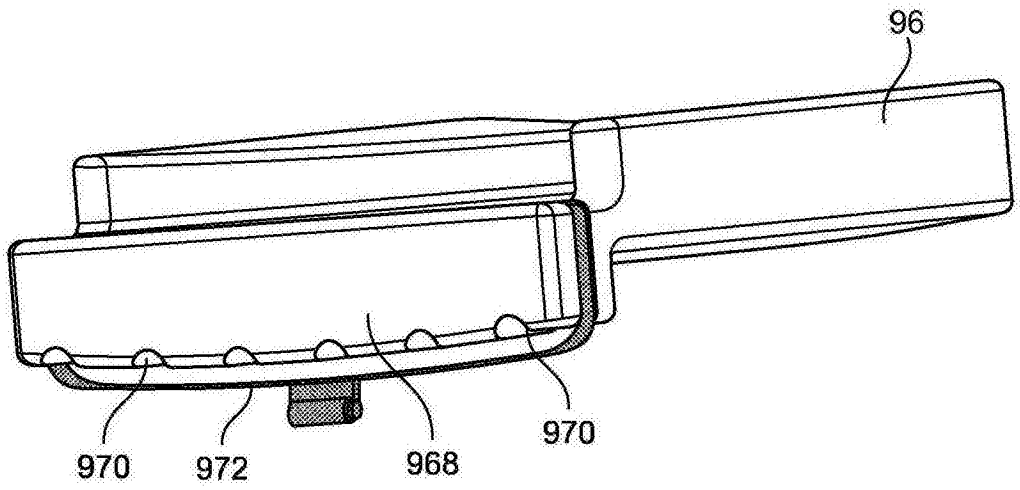


图 19

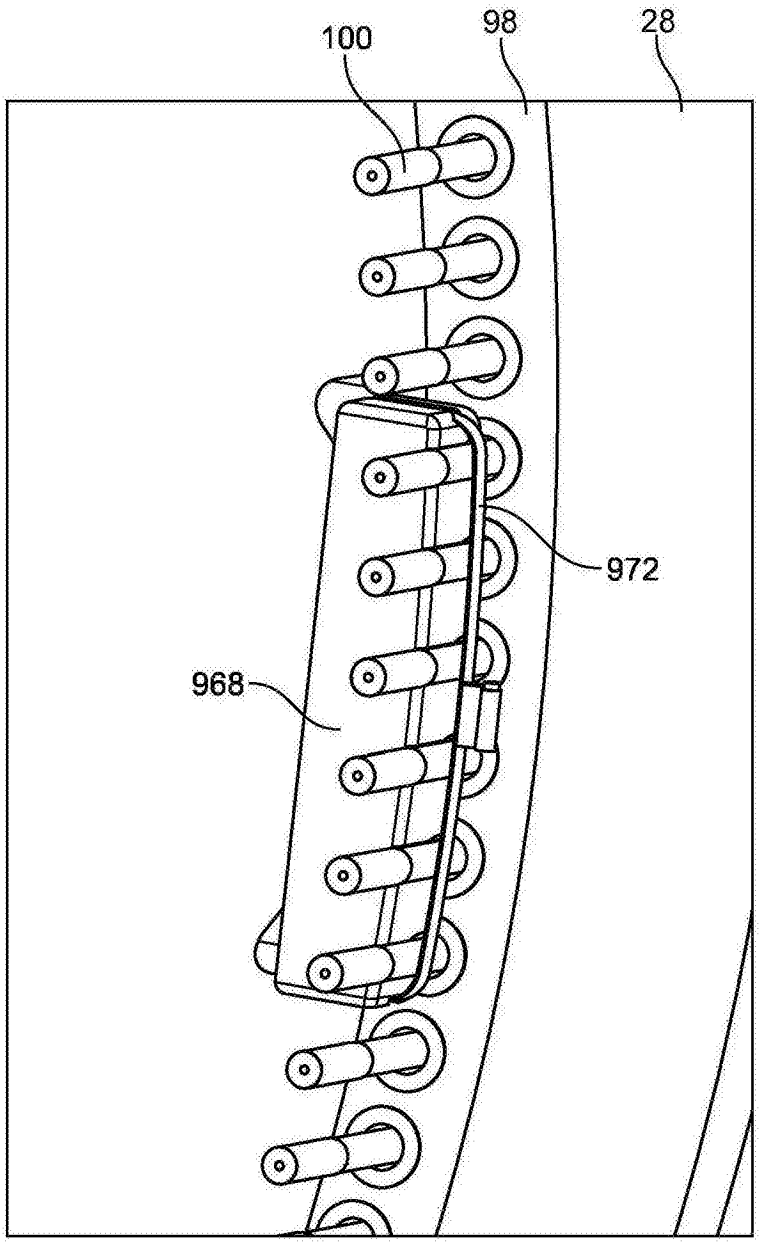


图 20

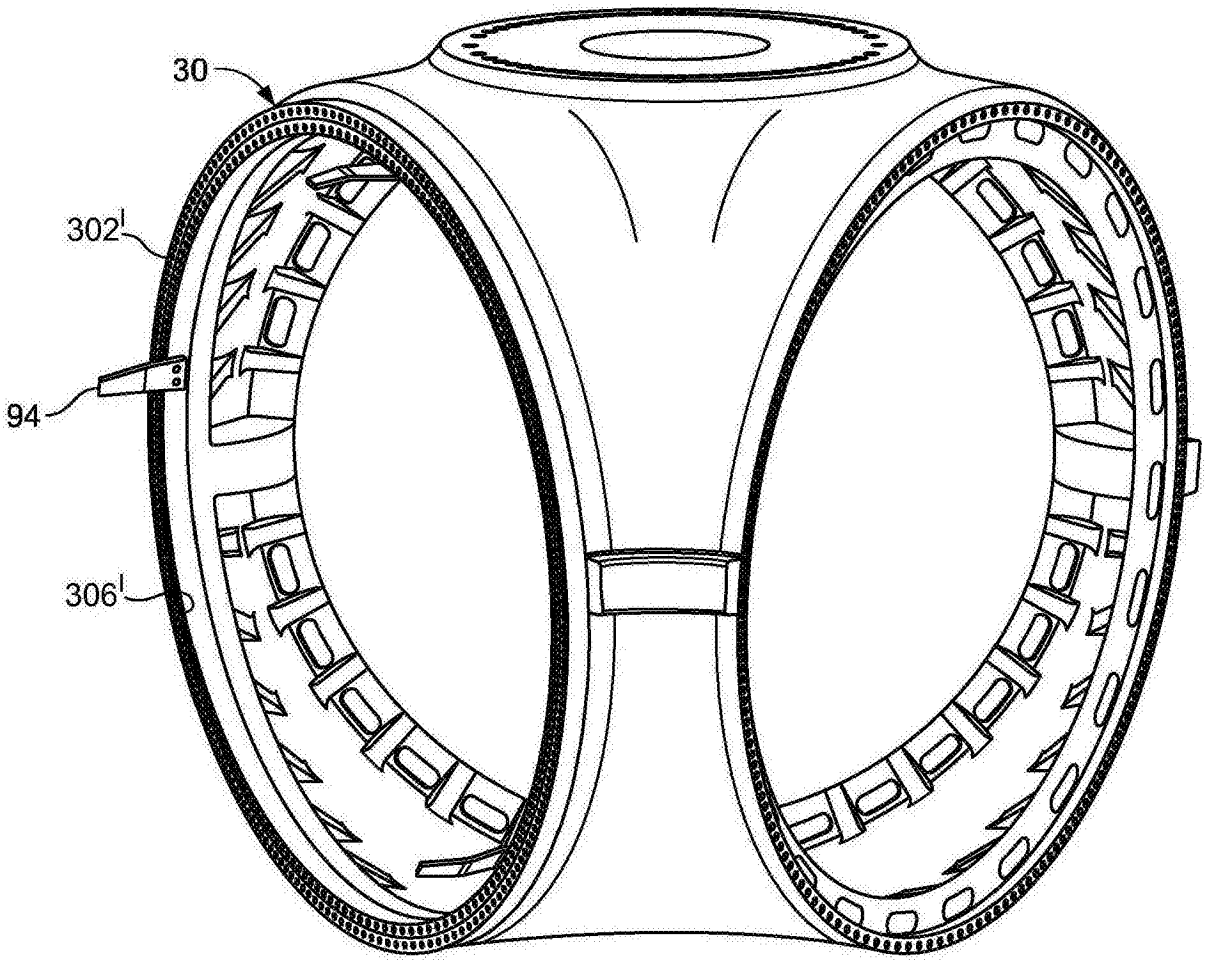


图 21