



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114127367 A

(43) 申请公布日 2022.03.01

(21) 申请号 202080052216.6

(22) 申请日 2020.06.29

(30) 优先权数据

PA201970436 2019.07.04 DK

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.01.19

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/DK2020/050198 2020.06.29

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/001004 EN 2021.01.07

(71) 申请人 维斯塔斯风力系统有限公司

地址 丹麦奥尔胡斯

(72) 发明人 H·M·度阿尔特·特里高

A·阿塔里

(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 张志华 徐敏刚

(51) Int.Cl.

E02D 27/42 (2006.01)

F03D 13/20 (2016.01)

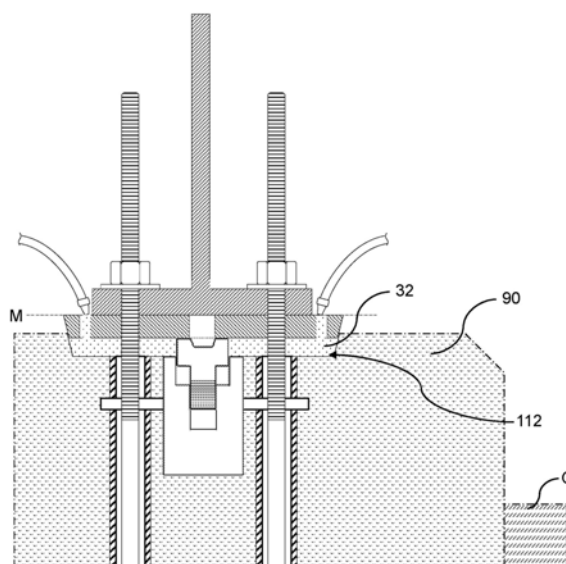
权利要求书2页 说明书11页 附图11页

(54) 发明名称

形成风力涡轮机地基的方法

(57) 摘要

一种形成风力涡轮机(10)的地基(26)的方法,所述风力涡轮机包括具有基础塔架段(24)的塔架(12),所述方法包括:将调平设备(56)安装到锚定笼(30),锚定笼包括在上凸缘(34)和下凸缘(38)之间延伸的多个锚定螺栓(36),调平设备(56)布置在上凸缘(34)与下凸缘(38)之间;将锚定笼(30)布置在挖掘坑(94)中;将水泥质材料引导到挖掘坑(94)中,使得上凸缘(34)至少部分地嵌入所述第一水泥质材料中;允许水泥质材料固化以形成刚性体(28,90);致动调平设备(56)以使上凸缘(34)远离刚性体(28,90)升高到经调平的位置;将灌浆材料(32)引导到升高的上凸缘(34)下方的空间中;并且允许灌浆材料(32)固化以形成支撑层。本发明扩展到用于形成风力涡轮机地基的锚定笼装置和系统。



1. 一种形成风力涡轮机的地基的方法,所述风力涡轮机包括具有基础塔架段的塔架,该方法包括:

将调平设备 (56) 安装 (120) 到锚定笼 (30),所述锚定笼包括在上凸缘 (34) 和下凸缘 (38) 之间延伸的多个锚定螺栓 (36),所述调平设备布置在所述上凸缘和所述下凸缘之间;

将所述锚定笼布置 (122) 在挖掘坑中;

将第一水泥质材料引导 (124) 到所述挖掘坑中,使得所述上凸缘 (34) 至少部分地嵌入所述第一水泥质材料中;

允许 (126) 所述第一水泥质材料固化以形成刚性体;

致动 (128) 所述调平设备以将所述上凸缘从所述刚性体升高到经调平的位置;

将灌浆材料引导 (132) 到升高的所述上凸缘下方的空间中;并且

允许 (134) 所述灌浆材料固化以形成支撑层。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,在致动 (128) 所述调平设备之后,所述方法进一步包括将所述风力涡轮机的所述基础塔架段支撑 (130) 在所述锚定笼的所述上凸缘 (34) 上。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,将所述风力涡轮机的所述基础塔架段支撑在升高的所述上凸缘 (34) 上的步骤发生在将所述灌浆材料引导到所述上凸缘下方的所述空间中的步骤之前或期间。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中,将所述灌浆材料引导到所述上凸缘 (34) 下方的所述空间中的步骤包括通过所述上凸缘中的孔 (52) 注入所述灌浆材料。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述第二孔 (52) 位于由支撑在所述上凸缘上的所述基础塔架段占据的区域之外的位置。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,致动所述调平设备包括使所述调平设备与致动工具 (74) 接合。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中,致动所述调平设备包括将所述致动工具 (74) 插入穿过所述上凸缘 (34) 中的孔 (50) 以接合所述调平设备。

8. 根据权利要求6或7所述的方法,其中,接合所述调平设备进一步包括:

使所述致动工具 (74) 与所述调平设备的升降脚 (62) 相接合,并且使所述升降脚 (62) 相对于所述升降主体 (58) 旋转以使所述上凸缘 (34) 远离所述升降主体 (58) 升高。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,将所述调平设备安装到所述锚定笼包括将所述调平设备安装到至少一个锚定螺栓 (36)。

10. 根据权利要求9所述的方法,所述方法包括:在将所述上凸缘 (34) 和所述下凸缘 (38) 中的至少一个安装到所述至少一个锚定螺栓 (36) 上之前,将所述调平设备安装到所述至少一个锚定螺栓。

11. 根据权利要求9或10所述的方法,所述方法包括:在将所述第一水泥质材料引导到所述挖掘坑中之前,将所述调平设备布置成邻接所述上凸缘 (34) 的下侧 (106)。

12. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,将所述灌浆材料引导 (132) 到所述上凸缘 (34) 下方的步骤与致动所述调平设备以将所述上凸缘升高到所述经调平的位置的步骤同时执行。

13. 一种用于形成风力涡轮机地基的锚定笼装置 (92),所述锚定笼装置包括:

上凸缘 (34)、下凸缘 (38) 和多个锚定螺栓 (36),所述多个锚定螺栓穿过相应的多个锚

定螺栓孔(44)在所述上凸缘和所述下凸缘之间延伸;以及

布置在所述上凸缘和所述下凸缘之间的调平设备(56),所述调平设备部包括固定地联接到至少一个锚定螺栓的升降主体(58)和布置成使所述上凸缘远离所述下凸缘升高的升降脚(62)。

14.根据权利要求13所述的锚定笼装置,其中,所述升降脚(62)与所述升降主体(58)的螺纹孔接合,所述升降脚构造成相对于所述升降主体旋转以使所述上凸缘远离所述升降主体升高。

15.根据权利要求13或14所述的锚定笼装置,其中,所述上凸缘(34)包括:

至少一个工具孔(50),所述至少一个工具孔布置成容纳对应的致动工具(74),所述致动工具插入穿过所述至少一个工具孔以致动所述调平设备(56)。

16.根据权利要求13至15中任一项所述的锚定笼装置,其中,所述上凸缘(34)包括至少一个输送孔(52),所述至少一个输送孔(52)布置成允许灌浆材料输送到所述上凸缘下方的空间中,其中,所述至少一个输送孔(52)位于所述上凸缘上的与由所述多个锚定螺栓孔限定的圆周区域径向间隔开的位置处。

17.根据权利要求13至16中任一项所述的锚定笼装置,其中,所述锚定螺栓布置成遍及所述上凸缘的至少一部分的两个或更多个弧形排,并且所述调平设备布置在两个径向对齐的锚定螺栓之间。

18.一种用于形成风力涡轮机地基的系统,该系统包括:

至少一个根据权利要求13至17中任一项所述的锚定笼装置;以及

致动工具,所述致动工具构造成插入穿过所述上凸缘中的孔以与所述调平设备接合,从而使所述上凸缘远离所述下凸缘升高。

形成风力涡轮机地基的方法

技术领域

[0001] 本发明的各方面涉及一种形成风力涡轮机的地基的方法以及一种用于形成这种风力涡轮机地基的设备。

背景技术

[0002] 风力涡轮机用于通过将来自风的动能转换为电力来产生电能。水平轴风力涡轮机通常包括塔架、位于塔架的顶点的机舱以及具有多个叶片并由轴支撑在机舱中的转子。轴将转子与容纳在机舱内的发电机直接或间接地联接。因此，当风力迫使叶片旋转时，发电机产生电能。

[0003] 水平轴风力涡轮机通常通过将塔架的下部(例如下部塔架凸缘)固定到延伸到地面中的地基而锚定在陆地上。传统的地基包括布置在挖掘坑内的钢筋混凝土结构。该地基结构包括大致圆柱形的钢锚定笼，钢锚定笼居中地定位在混凝土内。锚定笼包括上环形钢凸缘和下环形钢凸缘，当锚定笼布置在地面中时，上环形钢凸缘和下环形钢凸缘相对于塔架水平布置。锚定笼还包括多个高强度钢锚定螺栓，多个高强度钢锚定螺栓在上凸缘和下凸缘之间竖直延伸。多个螺母被布置成沿着锚定螺栓的长度将上凸缘和下凸缘固定就位。

[0004] 在形成风力涡轮机地基的传统方法中，将锚定笼定位在挖掘坑中，然后将混凝土浇筑到坑中，使得锚定笼嵌入混凝土中。一旦浇筑的混凝土固化，就移除螺母，并从固化的混凝土主体的上表面提升上凸缘，以露出环形槽。

[0005] 通过改变上凸缘的不同部分升高到混凝土主体的上表面之上的程度，将锚定笼的上凸缘升高到经调平的位置。

[0006] 一旦锚定笼的上凸缘被提升到地基主体上方的经调平的位置，则高强度灌浆被引导到上凸缘的下方并进入槽中，并被允许固化以形成环形灌浆支撑层。灌浆填充到上凸缘的下表面，从而在锚定笼的上凸缘和地基的钢筋混凝土主体之间形成刚性支撑层。

[0007] 一旦灌浆固化，则可以将塔架凸缘定位在地基的顶部上，而锚定笼的上凸缘保持在适当的位置或不保持在适当的位置，以将风力涡轮机保持在经调平的取向。

[0008] 固定螺母被紧固到锚定螺栓的上端上，从而拉紧锚定螺栓并将地基保持在重压下，这有利于抵消在使用期间由风力涡轮机施加的翻转力矩。灌浆支撑层用于将风力涡轮机保持在经调平的取向，并在操作期间将负荷从风力涡轮机塔传递到地基。在这方面，希望形成灌浆支撑层以限定水平安装平面，下塔架凸缘可以在该水平安装平面处安装到地基。在欧洲专利申请EP3394345A1中举例说明了上述方法。

[0009] 上述的调平方法(其中，锚定笼的上凸缘用于限定水平安装平面)通常需要专门的调平设备，该调平设备用于手动地将上凸缘调节到正确的经调平的位置。在灌浆已经固化到足以将上凸缘保持在其经调平的位置之后，除去调平设备。

[0010] 在EP2871289A1中也描述了另一种调平方法。

[0011] 在上述两种方法中，在调平设备已经被去除并且灌浆已经充分固化以支撑塔架的重量之前，不能开始塔架安装。

[0012] 因此,需要改进用于设置风力涡轮机地基和调平风力涡轮机的方法。

发明内容

[0013] 针对该背景,在第一方面,本发明的实施例提供了一种形成风力涡轮机的地基的方法,所述风力涡轮机包括具有基础塔架段的塔架,该方法包括:将调平设备安装到锚定笼,该锚定笼包括在上凸缘和下凸缘之间延伸的多个锚定螺栓,该调平设备布置在该上凸缘和该下凸缘之间;将该锚定笼布置在挖掘坑中;将水泥质材料引导到所述挖掘坑中,使得所述上凸缘至少部分地嵌入所述第一水泥质材料中;允许所述水泥质材料固化以形成刚性体;致动所述调平设备以将所述上凸缘从所述刚性体升高到经调平的位置;将灌浆材料引导到升高的所述上凸缘下方的空间中;并且允许所述灌浆材料固化以形成支撑层。

[0014] 本发明还可以表示为一种用于形成风力涡轮机地基的锚定笼装置,该锚定笼装置包括:上凸缘、下凸缘以及多个锚定螺栓,所述多个锚定螺栓穿过多个对应的锚定螺栓孔在该上凸缘和该下凸缘之间延伸;以及布置在所述上凸缘和所述下凸缘之间的调平设备,所述调平设备包括固定地联接到至少一个锚定螺栓的升降主体和布置成使所述上凸缘远离所述下凸缘升高的升降脚。

[0015] 此外,本发明可以表示为一种用于形成风力涡轮机地基的系统,该系统包括:至少一个如上限定的锚定笼装置;以及致动工具,所述致动工具构造成插入穿过所述上凸缘中的孔以与所述调平设备接合,从而使所述上凸缘远离所述下凸缘升高。

[0016] 本发明具有许多益处。首先,调平设备形成锚定笼的一部分,并在浇筑混凝土时嵌入地基中。这使得能够在调平设备上方形成浅的灌浆沟槽,这又使得能够使用较少的灌浆材料,从而减少固化时间。其次,由于调平设备实际上与地基的下主体成一体,因此上凸缘实际上用于在成形过程中“成形”灌浆沟槽。因此,当调平设备用于升高锚定笼的上凸缘时,灌浆沟槽作为浮凸形式留在地基主体中。因此,有利地,上凸缘用作模板,这意味着与已知的工艺相比,不需要额外的模板,从而降低了成本和浪费。另一个优点是,在浇筑灌浆材料之前,基础塔架段可支撑在上凸缘上。与已知方法相比,这减少了处理时间,这意味着塔架安装过程可以更高效。

[0017] 如上所述,在一些实施例中,在致动所述调平设备之后,可以将基础塔架段支撑在锚定笼的上凸缘上。该步骤可以发生在将灌浆材料引导到上凸缘下方的空间中的步骤之前或期间。这在形成地基和架设基础塔架段的过程中提供了灵活性。

[0018] 将灌浆材料引导到上凸缘下方的空间中的步骤可以包括通过上凸缘中的孔注入灌浆材料。这可以比替代选择(例如围绕上凸缘的侧面引导灌浆材料)更方便,并且一个或多个孔可以被定位,以便为了灌浆输送和固化而优化相对间隔。第二孔可以位于由支撑在上凸缘上的基础塔架段占据的区域之外的位置。因此,以这种方式,在上凸缘上的基础塔架段的存在不会阻止灌浆材料被输送到灌浆沟槽。

[0019] 在一个精致的实施例中,该调平设备可以通过与合适的工具接合来致动,所述工具插入穿过上凸缘中的孔。更具体地,调平设备的操作可包括:使致动工具与调平设备的升降脚接合,并且使升降脚相对于升降主体旋转以使上凸缘远离升降主体升高。

[0020] 便利地,调平设备可以通过至少一个锚定螺栓安装到锚定笼。优选地,调平设备相对于锚定螺栓被支撑在适当的位置,从而允许相对运动。这允许在不影响调平设备的情况

下拉紧锚定螺栓。优选地,在将上凸缘和下凸缘中的至少一个安装到所述至少一个锚定螺栓上之前,可将调平设备安装到所述至少一个锚定螺栓。因此,锚定螺栓、凸缘和调平设备、形成可放置在地基的挖掘坑中的单个组件。为了防止第一水泥质材料妨碍调平设备的操作,调平设备可布置成在引导第一水泥质材料进入挖掘坑之前邻接上凸缘的下侧。

[0021] 在本申请的范围内,明确地意图是,在前述段落中,在权利要求中和/或在以下描述和附图中陈述的各个方面、实施例、示例和替代方案,并且特别是其个别特征可以独立地或以任何组合来采用。也就是说,所有实施例和/或任何实施例的特征可以以任何方式和/或组合来组合,除非这些特征不相容。申请人保留相应地改变任何原始提交的权利要求或提交任何新的权利要求的权利,包括修改任何原始提交的权利要求以从属于任何其他权利要求和/或并入任何其他权利要求的任何特征的权利,尽管没有以该方式原始要求保护。

附图说明

[0022] 现在将参照附图通过示例描述本发明,其中:

[0023] 图1是联接到示意性示出的示例性地基上的风力涡轮机的立体图;

[0024] 图2是与根据本发明的示例性实施例的风力涡轮机地基一起使用的锚定笼的立体图;

[0025] 图3是图2的锚定笼的上载荷分配凸缘的俯视图;

[0026] 图4是图2的锚定笼沿图3所示的线A—A截取的径向剖视图,该径向剖视图示出了布置在一对支撑杆之间的调平设备;

[0027] 图5、图6和图7是根据本发明的示例性实施例的调平设备的立体图,该调平设备与图2的锚定笼一起使用,这些立体图示出了处于插入调平设备的升降主体中的不同阶段的升降脚;

[0028] 图8是根据本发明的示例性实施例的在形成过程中的风力涡轮机地基的上部径向剖视图,该上部径向剖视图示出了将水泥质材料输送到包含图2的锚定笼的挖掘坑中;

[0029] 图9是类似于图8的上部径向剖视图,该上部径向剖视图包括由图2的锚定笼加强的刚性体;

[0030] 图10是类似于图9的上部径向剖视图,该上部径向剖视图示出了操作调平设备以将载荷分配凸缘升高到经调平的位置的致动工具;

[0031] 图11是类似于图10的上部径向剖视图,该上部径向剖视图示出了升高到经调平的位置以暴露下面的槽的载荷分配凸缘以及被布置在载荷分配凸缘的顶部上的风力涡轮机的基础塔架段;

[0032] 图12是类似于图11的上部径向剖视图,该上部径向剖视图示出了将灌浆通过载荷分配凸缘输送到槽中,载荷分配凸缘支撑风力涡轮机的基础塔架段;以及

[0033] 图13是示出根据本发明的示例性实施例的形成风力涡轮机地基的方法的流程图。

具体实施方式

[0034] 以下详细描述参考附图,附图以说明的方式示出了其中可以实践本发明的具体细节和实施例。足够详细地描述这些实施例以使本领域的普通技术人员能够实践本发明。可以使用其他实施例,并且可以在不脱离如所附权利要求中限定的本发明的范围的情况下进

行结构改变。如本文所用,术语“水平”意指大致水平,并且更具体地,大致正交于重力方向。

[0035] 本发明涉及一种形成用于风力涡轮机发电机或更简单地用于风力涡轮机的地基的方法。希望提供一种水平安装表面,风力涡轮机发电机要安装在该水平安装表面上。图1中示出了示例性的水平轴风力涡轮机10,其包括塔架12、设置在塔架12的顶点处的机舱14以及操作性连接到容纳在机舱14内的发电机18的转子16。除了发电机18之外,机舱14容纳将风能转换成电能所需的各种部件以及操作、控制和优化风力涡轮机10的性能所需的各种部件。

[0036] 塔架12支撑由机舱14、转子16和风力涡轮机10的容纳在机舱14内的其他部件提供的负载。塔架12进一步操作以将机舱14和转子16提升到高于地平面或海平面的高度,如可能的情况,在该高度处通常发现较低湍流的较快移动的空气流。

[0037] 风力涡轮机10的转子16用作机电系统的原动机。超过最小水平的风将启动转子16并使转子16沿基本上垂直于风向的方向旋转。风力涡轮机10的转子16包括中心毂20和多个叶片22,所述多个叶片在围绕中心毂20周向分布的位置处从中心毂20向外突出。

[0038] 虽然这里所示的示例性转子16包括三个叶片22,但是可以提供各种可选数量的叶片。叶片22构造成与通过的空气流相互作用以产生升力,该升力使转子16大致在由叶片22限定的平面内旋转。

[0039] 风力涡轮机10可以被包括在属于风电场或风电厂的类似风力涡轮机的集合中,所述风电场或风电厂用作通过传输线与电网(例如三相交流(AC)电网)连接的发电厂。

[0040] 电网通常包括由输电线网络联接的发电站、传输电路和变电站的网络,所述输电线网络将电力传输到负载,所述负载的形式为终端用户和电力公用事业的其他客户。在正常情况下,如本领域普通技术人员所知的,电力从发电机18供应到电网。

[0041] 通过将风力涡轮机塔架12的基础塔架段24固定到地基26上,将风力涡轮机10锚定到地面G上,如图1示意性所示。地基26包括刚性体28,刚性体28埋入形成在地面G中的挖掘坑或空腔中。下面根据本发明的示例性实施例更详细地描述地基26和形成该形成物的方法。

[0042] 参考图2和图3,地基26包括至少部分地嵌入在刚性体28内并增强刚性体28的锚定笼30。锚定笼30为大致圆柱形,并且包括上载荷分配凸缘34、下基部凸缘38以及在上载荷分配凸缘34和基部凸缘38之间延伸的多个周向间隔开的锚定螺栓36或支撑杆。上载荷分配凸缘34和基部凸缘38在本文中分别称为上凸缘34和下凸缘38。

[0043] 刚性体28由第一水泥质材料形成,该第一水泥质材料已经被浇筑到挖掘坑中,然后允许固化。地基26还包括灌浆支撑层32,如图12所示,其设置在锚定笼30的上凸缘34和刚性体28的上表面之间。如将在下面更详细地解释的,灌浆支撑层32由第二水泥质材料形成,在地基26的形成过程中,该第二水泥质材料被引导到上凸缘34的下方,并由此被布置成将载荷分配凸缘34支撑在相对于刚性体28的升高位置。

[0044] 在风力涡轮机10的建造过程中,风力涡轮机的基础塔架段24连接到锚定笼30的锚定螺栓36,并由载荷分配凸缘34直接支撑,载荷分配凸缘34又由灌浆支撑层32支撑在水平位置。在此描述的本发明的示例性实施例提供了用于调平锚定笼30的载荷分配凸缘34的特征和方法,使得风力涡轮机10可以以水平且稳定的取向被锚定。

[0045] 回到图2,上凸缘34和下凸缘38大致水平地布置,而锚定螺栓36大致竖直地延伸并

将上凸缘34联接到下凸缘38。上凸缘34和下凸缘38例如可以是大致圆形的,并且例如,特别是环形的。例如,锚定笼30的部件可以由高强度钢制成。应当注意,就使用中的锚定笼的传统参考系而言,这里使用术语“水平”和“竖直”。然而,通常,锚定杆在垂直于上凸缘和下凸缘的平面的方向上延伸。

[0046] 上凸缘34由多个独立形成的弧形段40构成,弧形段40在它们的端部处使用图3中示意性示出的连接板42或使用任何其他合适的机械紧固元件联接在一起。

[0047] 在一些实施例中,上凸缘和/或下凸缘构造为单件环形环。

[0048] 图3所示的示例性的上凸缘34包括四个弧形段40,每个弧形段40形成上凸缘34的大约90度的圆周部分或弧,但是应当理解,在替代的实施例中,上凸缘34由更多或更少的各种圆周尺寸的弧形段构成。在示例性替代实施例中,上凸缘34可以形成为不包括多个独立形成的弧形段的单个整体部件。

[0049] 锚定笼30的模块化特性使得能够将锚定笼部件高效地运输到风力涡轮机安装地点。为了构造锚定笼30,使用相应的多个锚定螺栓36将上凸缘34的每个弧形段40连接到下凸缘38的相应弧形段40,从而形成锚定笼30的圆周部分。

[0050] 图2至图12所示的锚定笼全部适用于在底端具有T形凸缘的塔架。T形凸缘在塔架壁的内部和外部具有螺栓孔。

[0051] 在替代的实施例中,塔架可以在其底端具有L形凸缘,其中,螺栓孔仅位于塔架壁的内侧或外侧。

[0052] 回到图2中的实施例,上凸缘34设置有多周向间隔开的螺栓通孔或孔44,锚定螺栓36的螺纹上端46通过这些螺栓通孔或孔44被接收。下凸缘38包括相应的多个螺栓孔44,锚定螺栓36的螺纹下端48通过这些螺栓孔44被接收。螺栓孔44布置成用于接收径向内环的锚定螺栓36的径向内环44a和用于接收径向外环的锚定螺栓36的径向外环44b。

[0053] 如图3中最佳示出的,内环44a和外环44b彼此径向对准,使得螺栓孔44和相应的锚定螺栓36布置成周向隔开的径向对。螺栓孔44沿圆周均匀地间隔开,使得每个弧形段40包括等量的螺栓孔44。在示例性实施例中,锚定笼30可包括形成在上凸缘34和下凸缘38的每一个上的大约64至144个径向对的锚定螺栓36和相应的螺栓孔44。

[0054] 在图2和图3所示的示例性实施例中,锚定笼30包括80个径向对的锚定螺栓36,使得上凸缘34和下凸缘38的每个弧形段40包括20个径向对的螺栓孔44。可以理解的是,在不脱离本发明的前提下,锚定螺栓36和螺栓孔44的各种其他合适的布置可以设置和/或布置成替代的结构。

[0055] 在适于在底端具有L形凸缘的塔架的实施例中,螺栓孔将布置成单个径向内环或外环。

[0056] 上凸缘34还包括多个周向间隔的调平元件,这些调平元件以调平通孔、洞或孔50的形式示出,这些调平元件有利于下面描述的调平过程。

[0057] 每个调平孔50在上凸缘34上限定相应的调平位置。虽然以圆形孔50的形式示出,但是调平元件可以采用适于接合下文描述的示例性调平设备82的各种替代形式。

[0058] 特别参照图2,每个调平孔50布置在螺栓孔44的径向内环44a和外环44b之间,并且设置有均匀的周向间隔,使得上凸缘34的每个弧形段40包括等量的调平孔50。

[0059] 在适于在底端具有L形凸缘的塔架的实施例中,调平孔可以布置在单个径向内环

或外环中的相邻螺栓孔之间,或者布置在上凸缘的中间的中心环中。

[0060] 在所示的示例性实施例中,上凸缘34包括均匀间隔开的十六个调平孔50,使得上凸缘34的每个弧形段40包括四个调平孔50。然而,可以理解的是,在不脱离本发明的范围的情况下,可以提供各种替代数量和构造的调平孔50。

[0061] 上凸缘34还包括多个周向间隔的灌浆通孔、洞或孔52,在形成灌浆支撑层32的过程中,灌浆或其他合适的水泥质材料可被引导通过这些灌浆通孔、洞或孔52,如下面更详细地描述的。因此,每个灌浆孔52在上凸缘34上限定相应的灌浆位置。

[0062] 在所示的示例性实施例中,上凸缘34的每个调平位置设置有两个灌浆孔52。每对灌浆孔52沿径向布置在相应的内和外螺栓孔44a,44b的任一侧。灌浆孔52具有均匀的周向间隔,使得上凸缘34的每个弧形段40包括等量的灌浆孔52。

[0063] 灌浆孔52径向定位成使得当塔架位于上凸缘上时,灌浆孔52不与塔凸架缘接触。

[0064] 如图3所示,上凸缘34包括四对均匀间隔的灌浆孔52,使得上凸缘34的每个弧形段40具有八个灌浆孔52。然而,可以提供灌浆孔52的各种替代构造。

[0065] 在适用于在底端具有L形凸缘的塔架的实施例中,灌浆孔也可以如图3中描述的实施例及其替代实施例中那样布置。

[0066] 如图3所示,调平孔50和灌浆孔52定位成与相同径向对的螺栓孔44径向对准。在可选的示例性布置中,调平孔50和灌浆孔52可以各自与不同径向对的螺栓孔44对准。可替代地,调平孔50和灌浆孔52中的每一个可以被定位成使得它们在圆周上偏离径向对的螺栓孔44。根据这种布置,每个调平孔50可以布置在两相邻径向对的螺栓孔44之间。

[0067] 在图3所示的示例性载荷分配凸缘34中,灌浆孔52示出为具有比调平孔50和螺栓孔44都小的直径。然而,可以理解的是,灌浆孔52可以构造成具有任何合适的尺寸,只要它们允许在锚定笼调平过程中将水泥质材料引导到上凸缘34的下方,如下面更详细地描述的。

[0068] 参照图4(图4是锚定笼30的沿图3所示的线A—A截取的剖视图),现在将描述锚定笼30的进一步细节。特别地,图4示出了在锚定笼部分的上凸缘34和下凸缘38的相应弧形段40之间延伸的一个径向对的锚定螺栓36。

[0069] 每个锚定螺栓36在上凸缘34和下凸缘38之间纵向延伸,并包括上端46、下端48和中心部分54。锚定螺栓36具有螺纹,使得它们可以与锚定笼30的各种元件接合。中心部分54装入保护管78内,例如PVC管或热收缩软管。

[0070] 用于锚定笼30的保护管78的子集可以由具有适于承受载荷应用的高抗压强度的材料(例如钢)形成,使得锚定螺栓36可以稍微张紧以在运输、处理和提升期间保持锚定笼30的形状。

[0071] 另外,每个保护管78被形成为外径大于形成在载荷分配凸缘34和基部凸缘38中的螺栓孔44的直径。这样,保护管78提供了进一步功能:在添加水泥质材料之前,支撑上凸缘34的重量并确保基本上保持上凸缘34和下凸缘38之间的均匀间隔,如下所述。

[0072] 每个锚定螺栓36的上端46也用保护盖(例如胶带或热收缩软管)密封,在将锚定螺栓36与上凸缘34和下凸缘38组装之前施加保护盖。

[0073] 保护管和保护盖构造成在地基26的形成过程中保护锚定螺栓36不与水泥质材料发生不期望的接触和粘结,如下面更详细地描述的。在替代的实施例中,保护管78可以省

去,并且替代地,中心部分54可以通过任何其他合适的保护装置来处理,这对于本领域技术人员来说是容易理解的。

[0074] 在组装锚定笼30的过程中,锚定螺栓36的下端48穿过基部凸缘38的弧形段40的螺栓孔44,并使用下凸缘螺母80和下凸缘垫圈82固定到基部凸缘38的弧形段40,下凸缘螺母80和下凸缘垫圈82将弧形段40夹在它们之间。锚定螺栓36的螺纹上端46穿过上凸缘34的弧形段40的相应螺栓孔44,并使用上凸缘螺母84和上凸缘垫圈86固定到上凸缘34的弧形段40。

[0075] 参照图4,调平设备56布置在锚定笼30的上凸缘34和下凸缘38之间。调平设备56安装到径向对的锚定螺栓36,并构造成在使用时将上凸缘34远离下凸缘38升高。该实施例中的调平设备56采用螺旋千斤顶的形式,并且因此包括圆柱形的升降主体58,升降主体58通过一对支撑臂60固定地联接到径向锚定螺栓36。

[0076] 升降主体58包括具有纵向轴线C的圆柱形壳体,当调平设备56安装到锚定笼30时,纵向轴线C与锚定螺栓36竖直对齐。支撑臂60从升降主体58的侧面径向延伸,如图5、图6和图7所示。因此,如图4所示,支撑臂60布置成使得一旦调平设备56安装到锚定笼30,它们就从升降主体58的任一侧水平地延伸以与一个径向对的锚定螺栓36接合。

[0077] 调平设备56还包括与升降主体58的螺纹孔64螺纹接合的升降点、垫或脚62,如图5和图6中最佳示出的。升降脚62包括上头部66和下螺纹部68。头部66具有基本平坦的圆形上表面70,当调平设备56安装到锚定笼30时,上表面70设置成与锚定笼30的上凸缘34的下侧接合。显然,升降脚用于调节上凸缘的位置,因此也可以称为调节垫。

[0078] 升降脚62的螺纹部68构造成与升降主体58的螺纹孔64螺纹接合,以便允许升降脚62相对于升降主体58可旋转地调节。在调平设备56的操作过程中,升降脚62从如图7所示的缩回位置展开到如图6所示的升高或延伸位置。

[0079] 应当注意,调平设备56设置有助于在将混凝土浇筑到挖掘坑中之前将调平设备56相对于上凸缘保持在适当位置的装置。在所实施实施例中,支撑臂60用于相对于锚定螺栓36以滑动关系定位调平设备56。参照图5、图6和图7,每个支撑臂60设置有接收相应的锚定螺栓36的洞或孔88。在组装锚定笼30的过程中,在将上凸缘34和下凸缘38中的至少一个安装就位之前,将每个支撑臂60插在其相应的锚定螺栓36上。虽然在此示出了调平设备和相应的锚定螺栓之间的相对接合,但是可以提供适当的装置以将调平设备固定在适当的位置。例如,紧固件可从上凸缘延伸并附接到升降主体58或升降脚62。

[0080] 提供给调平设备56的支撑件构造成在形成地基26的过程中保持调平设备56的位置。特别地,支撑件可构造成将调平设备56固定在适当位置,使得当水泥质材料被浇筑到挖掘坑中时,升降主体58的上表面保持与上凸缘34接触。这防止了水泥质材料在上凸缘34和调平设备56之间流动,否则水泥质材料在水泥质材料在上凸缘34和调平设备56之间会破坏调平设备56的操作。

[0081] 一旦刚性体90已经形成,它就封装并因此提供对调平设备56的支撑,由此使升降脚62能够在锚定笼调平过程中在上凸缘34上施加调平力。

[0082] 升降主体58的上端包括沉孔形式的凹入部分76,凹入部分76布置成当升降脚62布置在其缩回位置时接纳升降脚62,如图7所示。凹入部分76的尺寸被设计成当升降脚62的头部66布置在凹入部分76中时提供围绕升降脚62的头部66的紧密配合,以便防止在浇筑过程

中水泥质材料的任何进入,并且使得头部66的上表面与升降脚62的周围部分齐平。这里的一种选择是将升降主体58的上端构造成可以与上凸缘的下侧形成密封。相应地,头部66可构造成位于升降主体58的上端下方,这种构造有效地允许制造公差。

[0083] 因此,在所示实施例中,升降主体58的凹入部分76由此有助于确保升降脚62可在调平过程中展开。为了有助于防止在形成地基26的过程中与水泥质材料发生不希望的接触和粘结,可以用保护盖或润滑剂密封升降脚62。而且,如上所述,为了避免水泥质材料进入升降主体58和升降脚62周围的问题,优选的是,一个或两个部件构造成形成抵靠上凸缘的下侧的密封。这种密封可以通过这些部件简单地压靠上凸缘的下侧来实现。

[0084] 根据图5、图6和图7所示的调平设备56的示例性实施例,升降脚62和升降主体58都具有大致圆形的横截面。然而,可以理解的是,升降脚62可以构造成任何合适的形状,该形状使得升降脚62能够在锚定笼30的上凸缘34上施加调平力。此外,升降主体58还可以包括任何形状,该形状可以适当地支撑升降元件(例如升降脚62),并且该形状可以布置在上凸缘34和下凸缘38之间并且安装到锚定笼30的至少一个锚定杆36。

[0085] 如图4所示,包括调平设备56的锚定笼30的圆周部分限定了根据本发明的实施例的锚定笼装置92。图8至图12示出了在地基26形成过程的连续阶段期间沿图3所示的线B—B截取的这种锚定笼装置92的剖视图。可以理解,下面描述的调平步骤可以类似地在由围绕锚定笼30的上凸缘34布置的其他调平孔50限定的其他调平位置的每一个处执行。

[0086] 调平设备56被布置成使得升降脚62的上表面70的凹入部分或“插口”72与上凸缘34的调平孔50对准。凹入部分72设置成接纳致动工具74,如图10所示,致动工具74设置成相对于升降主体58可旋转地接合升降脚62,从而在缩回位置和伸出位置之间致动升降脚62,以将上凸缘34升高到升高位置。

[0087] 因此,升降脚62与调平孔50的对准允许致动工具74在锚定笼30的调平过程中通过上凸缘34接合升降脚62。因此,如图11所示,为了使上凸缘34远离下凸缘38升高并进入经调平的位置,升降脚62从升降主体58主动展开。

[0088] 升降脚62没有固定地附接到上凸缘34。替代地,升降脚62的上表面的直径大于调平孔50的直径,这允许升降脚62座靠在上凸缘34的下侧上。因此,如图10所示,升降脚62布置成沿向上的方向对上凸缘34的下侧施加调平力,以便将上凸缘34升高到经调平的位置。

[0089] 升降脚62与升降主体58的纵向轴线C对齐,使得由升降脚62施加到上凸缘34上的力与升降主体58对齐,这有助于在调平过程中保持调平设备56的稳定性。

[0090] 现在将参照图13和如上所述的图8至图12描述形成地基26的方法,该方法包括将上凸缘34升高到经调平的位置的步骤,图13将本发明的实施例表示为一系列方法步骤。

[0091] 为了在安装过程中为风力涡轮机10提供水平安装表面,希望将上凸缘34定位在经调平的取向。还希望在上凸缘34和刚性体28之间提供灌浆支撑层32,以便于将载荷从风力涡轮机10传递到地基26的载荷,同时保持地基26和风力涡轮机10之间的经由上凸缘34的刚性金属—金属界面。下面描述的本发明的示例性实施例提供了用于实现这些目的的步骤和部件。

[0092] 地基26的形成从组装锚定笼30开始,这可以在风力涡轮机安装地点执行,由此将调平设备56安装到锚定笼(图13—步骤120)。锚定笼30的圆周部分被组装,然后下降到挖掘坑94中。然后使用连接板42将分开的部分连接在一起以形成完整的锚定笼30。可以对组装

好的锚定笼30进行最终的位置调节,以确保在挖掘坑94内大致居中定位(图13的步骤122)。挖掘坑可以衬有用于限定地基26的外侧表面的模板。

[0093] 在将锚定笼30最终定位在挖掘坑94内之后,将水泥质材料(例如混凝土)浇筑到挖掘坑94中,使得坑填充到上凸缘34的上表面98,如图8所示(图13一步骤124)。因此,锚定笼30基本上嵌入水泥质材料内。然后给浇筑的混凝土留出适当的时间长度以充分固化从而形成刚性体90,如图9至12所示。在示例性实施例中,可以允许水泥质材料固化大约48小时(图13一步骤126)。

[0094] 图8中示出了适于将水泥质材料引导到挖掘坑94中的水泥质材料输送装置100。水泥质材料输送装置100采用软管的形式,该软管由合适的源(未示出)提供原料,布置成将混凝土引导到锚定笼30四周并进入坑中,使得锚定笼30嵌入混凝土中。

[0095] 保护管66基本上保护锚定螺栓36不与水泥质材料发生不希望的接触。类似地,调平设备56和插塞96分别防止水泥质材料进入调平孔50和灌浆孔52。在浇筑水泥质材料之前,上凸缘34的下表面和侧表面涂覆有润滑剂,例如油或涂料,以便于在下面描述的调平操作的后续阶段期间使上凸缘34与刚性体90分离。

[0096] 如图8所示,每个灌浆孔52可以装配有插塞96,插塞96基本上保护灌浆孔52的内表面在浇筑和固化期间不与水泥质材料发生不希望的接触。有利地,调平孔50不需要额外的插塞来保护它免受水泥质材料的潜在进入,因为调平孔50的下开口由调平设备56覆盖,调平设备56邻接上凸缘34的下侧106布置。然而,在一些实施例中,调平孔50也被堵塞。

[0097] 评估上凸缘34相对于水平面的任何斜度,该倾斜度必须在锚定笼调平过程中校正。接着,确定使上凸缘34水平所需的高度和角度取向。希望的高度和取向由水平安装平面M限定,如图9至图11所示,上凸缘34必须升高到水平安装平面M,以便校正所确定的斜度。以此方式,确定安装平面M以便校正可能影响风力涡轮机10的构造的任何不希望的倾斜。斜度评估和安装平面确定通常使用激光水准仪来执行,但是也可以使用其他已知的装置。

[0098] 然后松开上凸缘螺母84,并使上凸缘螺母84相对于上凸缘34的上表面98沿着它们各自的固定螺栓36旋转合适的高度,如图9中所示的移动箭头所示。上凸缘螺母84的位置共同限定与水平安装平面M平行但偏移的水平(水平)参考平面R。参考平面R由此限定了当上凸缘34与安装平面M对准时上凸缘螺母84将采用的位置,如图10所示。因此,参考平面R和安装平面M之间的偏移基于上凸缘螺母84和垫圈86的相应尺寸来选择。

[0099] 应当理解,对于预定安装平面M和参考平面R相对于上凸缘34的上表面98倾斜的安装,上凸缘螺母84可能相对于上表面98定位在不同的高度,以便限定水平(水平)参考平面P。例如,在具有一个径向对的上凸缘螺母84的给定调平位置处,第一上凸缘螺母84可升高到第一高度,而第二上凸缘螺母84可升高到第二高度。在示例性实施例中,每个上凸缘螺母84相对于上凸缘34的最高点升高到大约50mm的高度,然后根据需要单独调节以限定水平平面P。

[0100] 然后将致动工具74插入通过调平孔50以与设置在上凸缘34下方的调平设备56接合,如图10中所示的移动箭头所示。在该实施例中,致动工具74包括具有六边形横截面的杆部108,杆部108与升降脚70的凹入部分72接合。插座72具有匹配的六边形横截面,该六边形横截面被构造成容纳致动工具74的杆部108并与其接合。其他工具构造也是可能的。致动工具74还包括连接到杆部108的远端的手柄110。在操作调平设备56的过程中,手柄110的逆时

针旋转导致升降脚62相对于刚性体90升高上凸缘34的高度。相反,手柄110的顺时针旋转导致朝向刚性体90向回降低上凸缘34。

[0101] 应当理解,这些部件可以采用各种替代形式,并以适于提升上凸缘34的各种替代方式配合。在这点上,致动工具74可采取适于接合调平设备56以将上凸缘34升高到安装水平M中的任何形式。此外,虽然旋转是这里公开的升降脚62的主要致动方式,但是可以适当地使用各种替代的致动方式。

[0102] 当致动工具74沿逆时针方向(如图10中的旋转运动箭头)所示旋转时,升降脚62在上凸缘34的下侧上施加压力,从而使上凸缘34从刚性体92并沿锚定螺栓36升高,锚定螺栓36用作线性引导件(图13步骤128)。使致动工具74进一步旋转,直到上凸缘34抵靠上凸缘螺母84,上凸缘螺母84相对于锚定螺栓36保持静止。固定的锚定螺栓36用作紧固上凸缘34从而抵靠的止挡,以确保上凸缘34的上表面98与期望的安装平面M对准。

[0103] 上凸缘34形成有倾斜的侧表面102,104,倾斜的侧表面102,104便于上载荷分配凸缘34与刚性体90分离。特别地,上凸缘侧表面102,104成角度,使得上凸缘34在其上表面98处形成有比在其下表面处更大的径向宽度。

[0104] 在调平过程中,通过将上凸缘34升高到水平安装平面M,在刚性体90中形成槽112。这样,上凸缘34部分地用作在刚性体90中形成槽112的模板。在示例性实施例中,上凸缘34可以升高到水平安装平面M,以便形成深度在大约8mm到50mm范围内的槽112,例如大约25mm。

[0105] 在同样合适的方法中,螺母84和垫圈84,86在调平步骤期间被移除,直到组装第一塔架段。在调平步骤期间根据需要操作每个调平设备。在调平过程期间,恒定地进行上凸缘的直线度和水平度或上凸缘上的多个点相对于安装平面M的位置的测量。

[0106] 参考图11和图12,根据本发明的示例性实施例描述了在上凸缘34上的多个灌浆位置处执行的灌浆操作。在上述调平上凸缘34之后,并且在下述灌浆操作之前,风力涡轮机10的基础塔架段24安装到地基26,如图11所示。如果适用的话,在基础塔架段24下降到上凸缘34的顶部上的适当位置之前,上凸缘螺母84和垫圈86从锚定螺栓36的螺纹上端46移除,从而使用锚定螺栓36作为导向件。有利地,基础塔架段24由上凸缘34支撑,在灌浆层形成在上凸缘34下方之前,上凸缘34又由调平设备56支撑在经调平的位置(图13步骤130)。

[0107] 基础塔架段24通过将基础塔架段24的安装孔120与锚定螺栓36的螺纹上端46对准而连接到上凸缘34。然后,使基础塔架段24下降,直到基础塔架段24直接接触上凸缘34并由上凸缘34支撑。上凸缘螺母84和垫圈86然后重新施加到锚定螺栓36的螺纹上端46,之后用合适的扭矩拧紧。这样,上凸缘螺母84和垫圈86最终被布置在非调平位置处,并且被手动紧固在基础塔架段24的上表面118上。上凸缘螺母84和垫圈86可以是在形成地基26的过程中未被使用的新装置。

[0108] 在安装基础塔架段24之后,高强度灌浆32被引导到槽112中并固化以形成灌浆支撑层32,用于将上凸缘34支撑在水平安装平面M处(图13步骤132)。可以理解的是,在可替代的实施例中,除了灌浆之外的各种合适的水泥质材料可以用于形成支撑层32。例如,也可以使用诸如环氧树脂的非水泥质灌浆。这将允许灌浆沟槽减小到2至8mm。因此,术语“灌浆”用于指与用于填充挖掘坑并形成地基的主体的主要水泥质材料不同的材料,无论该灌浆本质上是否是水泥质的,例如如上所述的环氧基材料。

[0109] 图12示出了由一对灌浆孔52限定的上凸缘34上的代表性灌浆位置。可以理解,下面描述的灌浆步骤可以在由剩余灌浆孔52限定的其他灌浆位置的每一个处同时或顺序地类似执行。在灌浆之前,安装在灌浆孔52中的插塞96被移除,以提供经由灌浆孔52到槽112的通路。另外,水可被引导到槽112中,用于水合之后被引导到槽112中的灌浆材料。

[0110] 一对软管形式的示例性灌浆输送装置114用于通过灌浆孔52将灌浆输送到槽112中。灌浆孔52布置成使得在安装风力涡轮机塔架12期间,当基础塔架段24布置在上凸缘34的顶部上时,灌浆孔52不被基础塔架段24覆盖。应当理解,灌浆输送装置114可以包括图12中未示出的附加部件,例如灌浆源和泵。

[0111] 给被引导到槽112中的灌浆留出适当的时间长度以充分固化并达到其设计强度,例如高达约28天(图13—步骤134)。灌浆的固化在刚性体28和经调平的上凸缘34之间形成灌浆支撑层32。有利地,调平设备56将上凸缘34支撑在水平安装平面M处,使得基础塔架段24可以在形成灌浆支撑层32之前安装在地基26上。因此,可以在灌浆已固化之前组装风力涡轮机塔架12,这减少了组装风力涡轮机10所需的时间。

[0112] 一旦灌浆支撑层32已经完全固化,锚定螺栓36被后张紧并将地基26的刚性体28保持在高压压缩下,从而使地基26能够适当地承受在操作期间由风力涡轮机10施加的各种力和力矩。因此,完成的地基26包括由处于张力下的锚定笼30加强的刚性体28以及支撑经调平的上凸缘34的灌浆支撑层32。

[0113] 本领域技术人员应当理解,仅通过示例的方式描述了本发明,并且在不脱离由所附权利要求限定的本发明的范围的情况下,可以采用各种替代方法。

[0114] 例如,可以在上凸缘34的调平过程中或在调平之后立即将灌浆引导到槽112中。在任何一种情况下,调平设备56被布置成提供对上凸缘34的支撑,以允许安装基础塔架段24,而不必等待灌浆支撑层32固化。

[0115] 在进一步的发展中,本发明的实施例可受益于当锚定螺栓张紧时防止在调平设备的面向下的表面中形成应力集中的适当装置。这种装置可以被认为是缓冲调平设备的选定区域(特别是其下表面)的弹性元件。这种弹性元件可以通过直接施加到调平设备的适当部分上的弹性涂层或层来实现,该弹性涂层或层可以被认为是与相关部件一体的。例如,该涂层可以由聚氨酯或尼龙实现,聚氨酯或尼龙包覆模制在升降头部66的下侧和/或升降主体58的下侧和/或支撑臂60的下侧上。此外,弹性元件可以是单独的部件,例如环形部件,例如垫片、盘或垫圈。这种弹性元件的定位可以从图11中理解,弹性元件被示意性地示出并标记为“99”。

[0116] 虽然已经通过对本发明的各种实施例的描述说明了本发明,并且虽然已经相当详细地描述了这些实施例,但是并不旨在将所附权利要求的范围约束或以任何方式限制到这些细节。这里讨论的各种特征可以单独使用或以任何组合使用。其他优点和修改对于本领域技术人员来说是显而易见的。因此,本发明在其更广泛的方面不限于所示出和描述的具体细节和说明性示例。因此,在不脱离总的发明构思的范围的情况下,可以对这些细节进行变更。

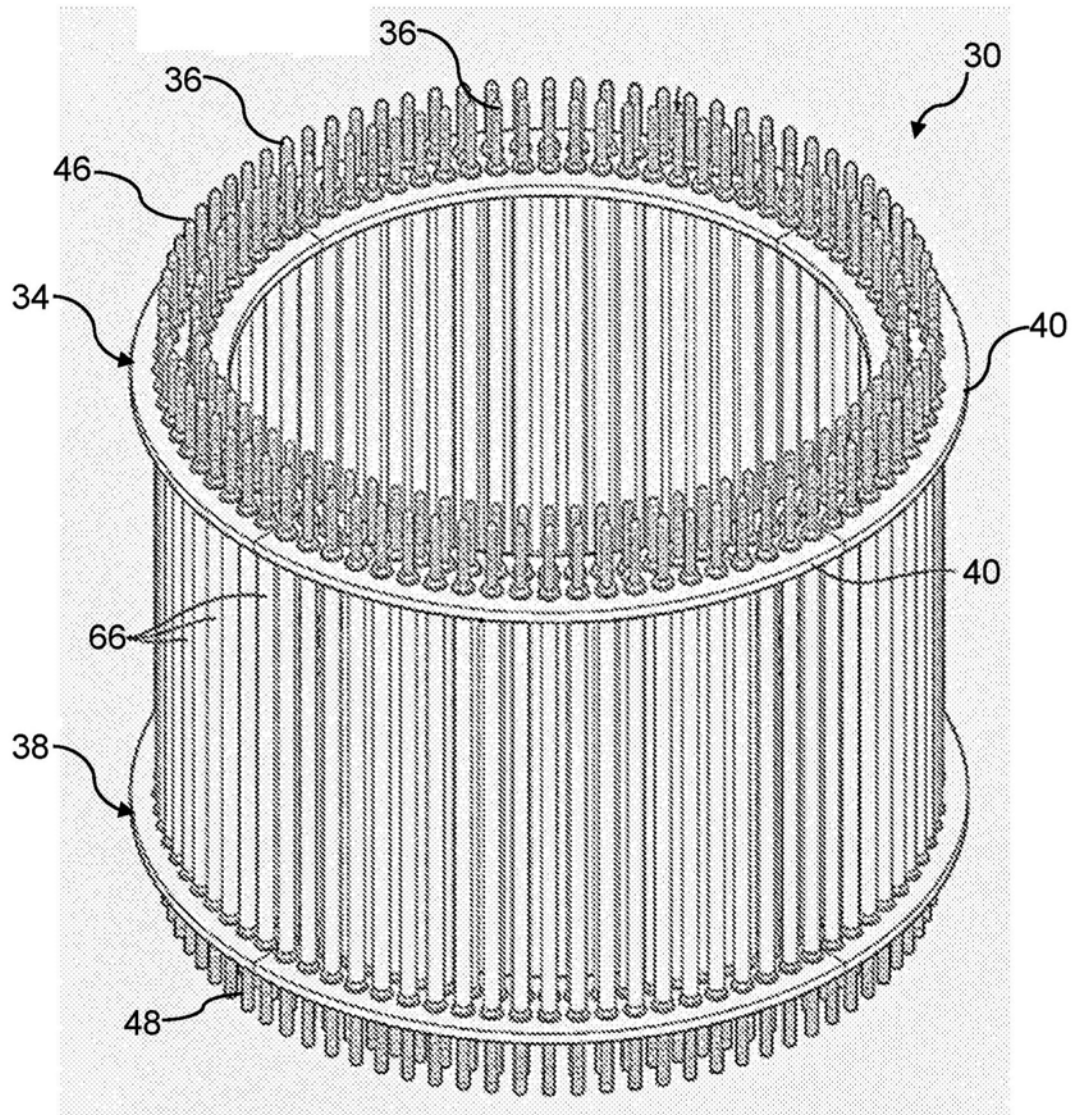


图2

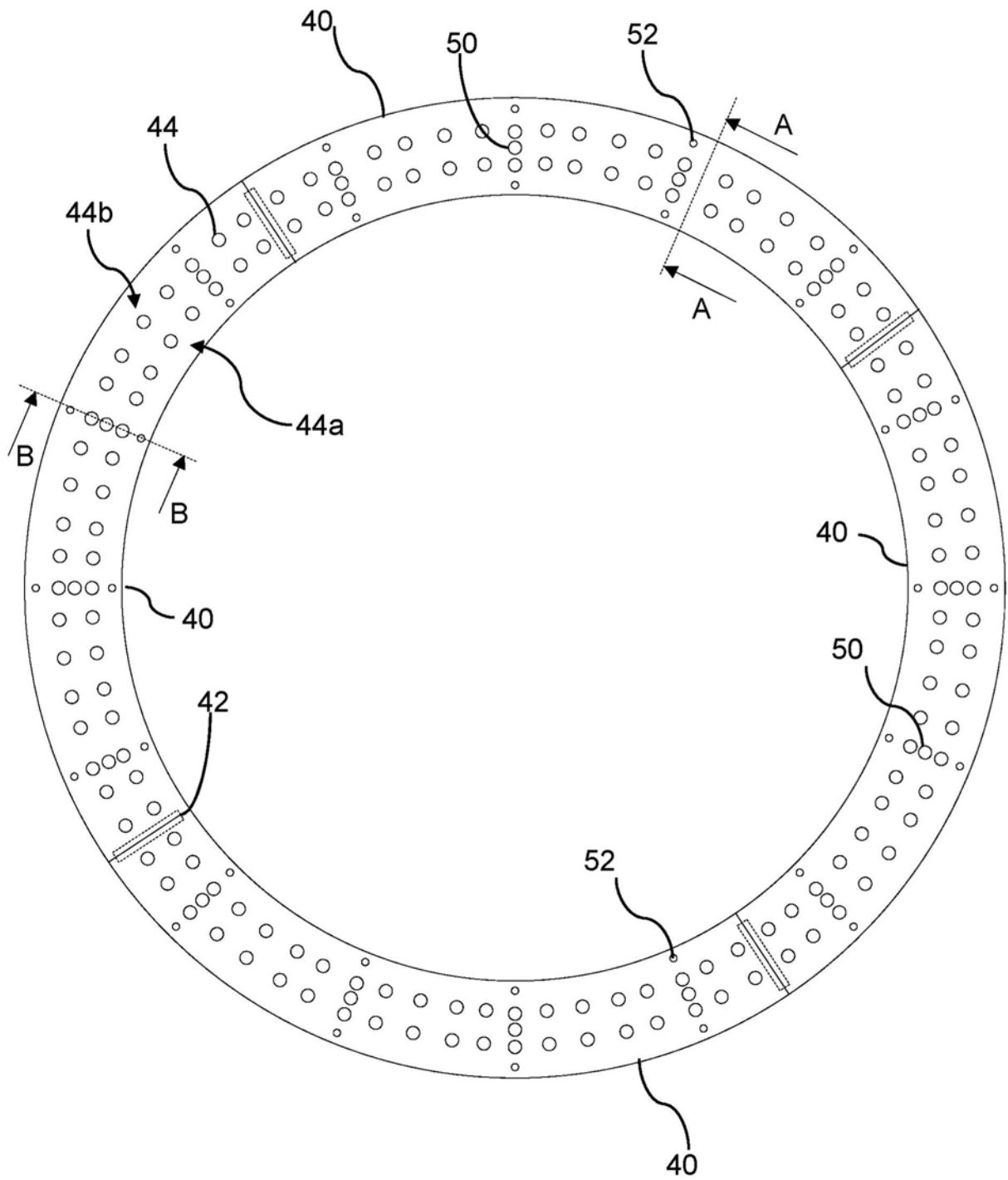


图3

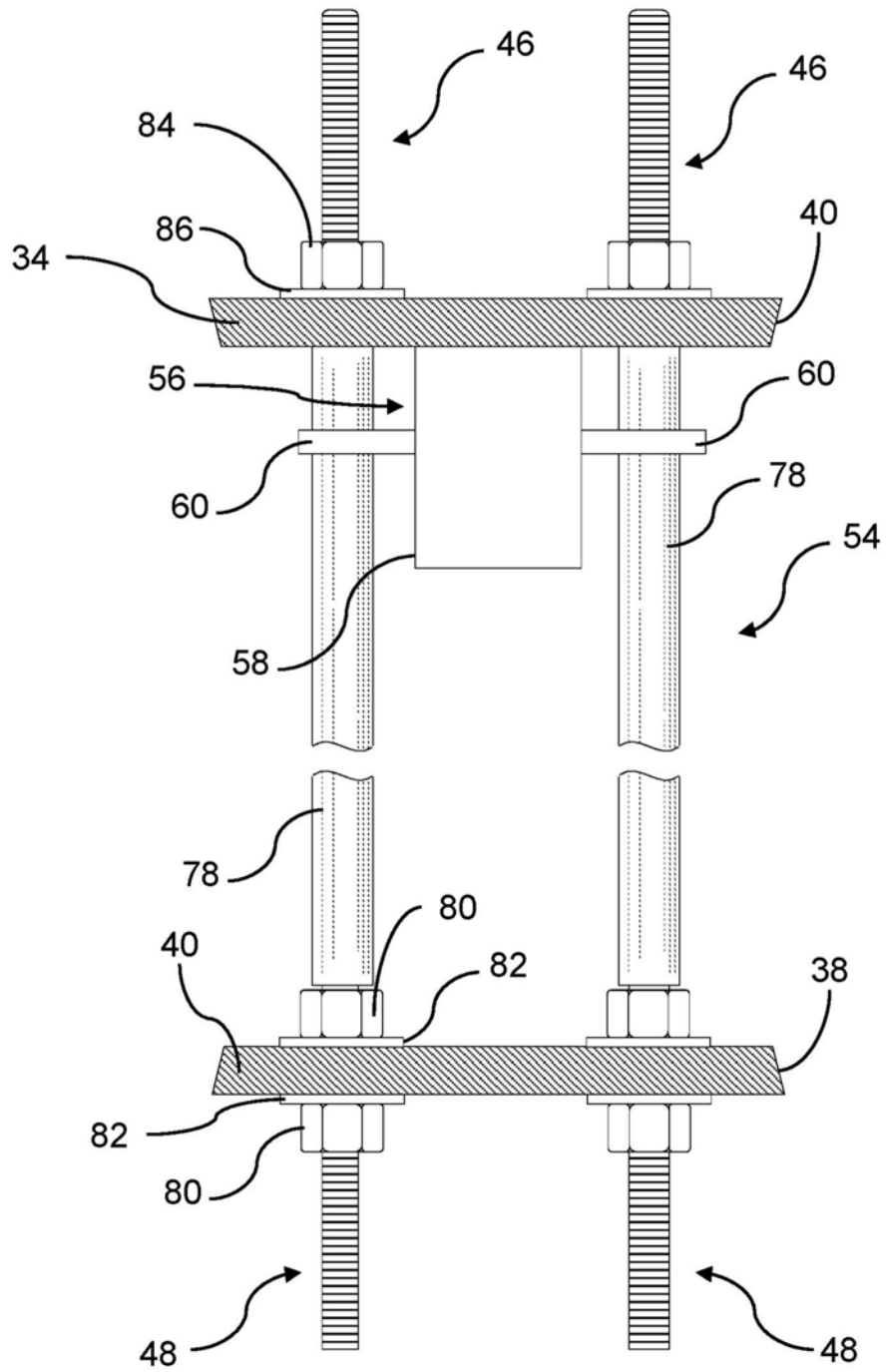


图4

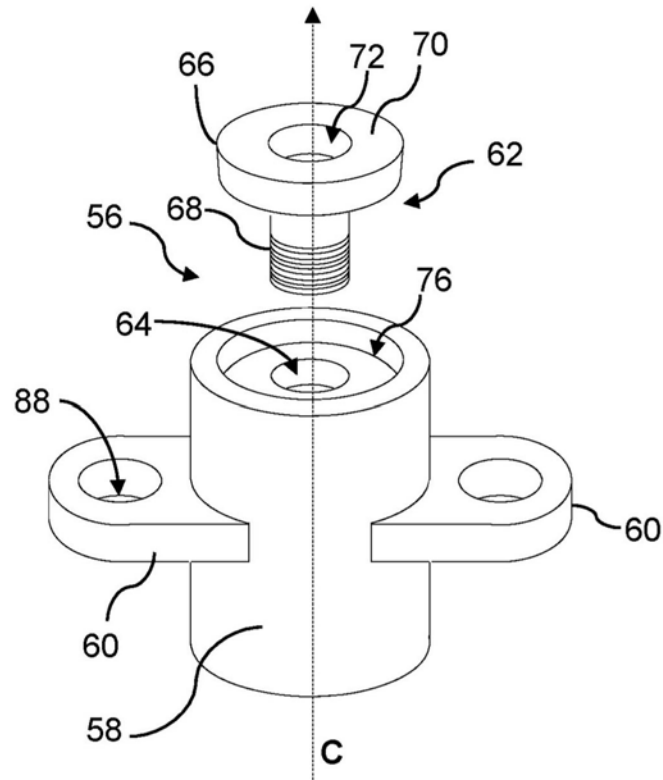


图5

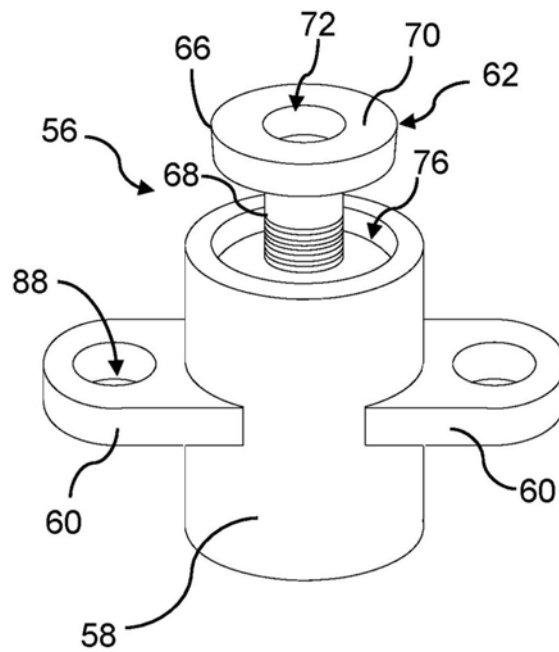


图6

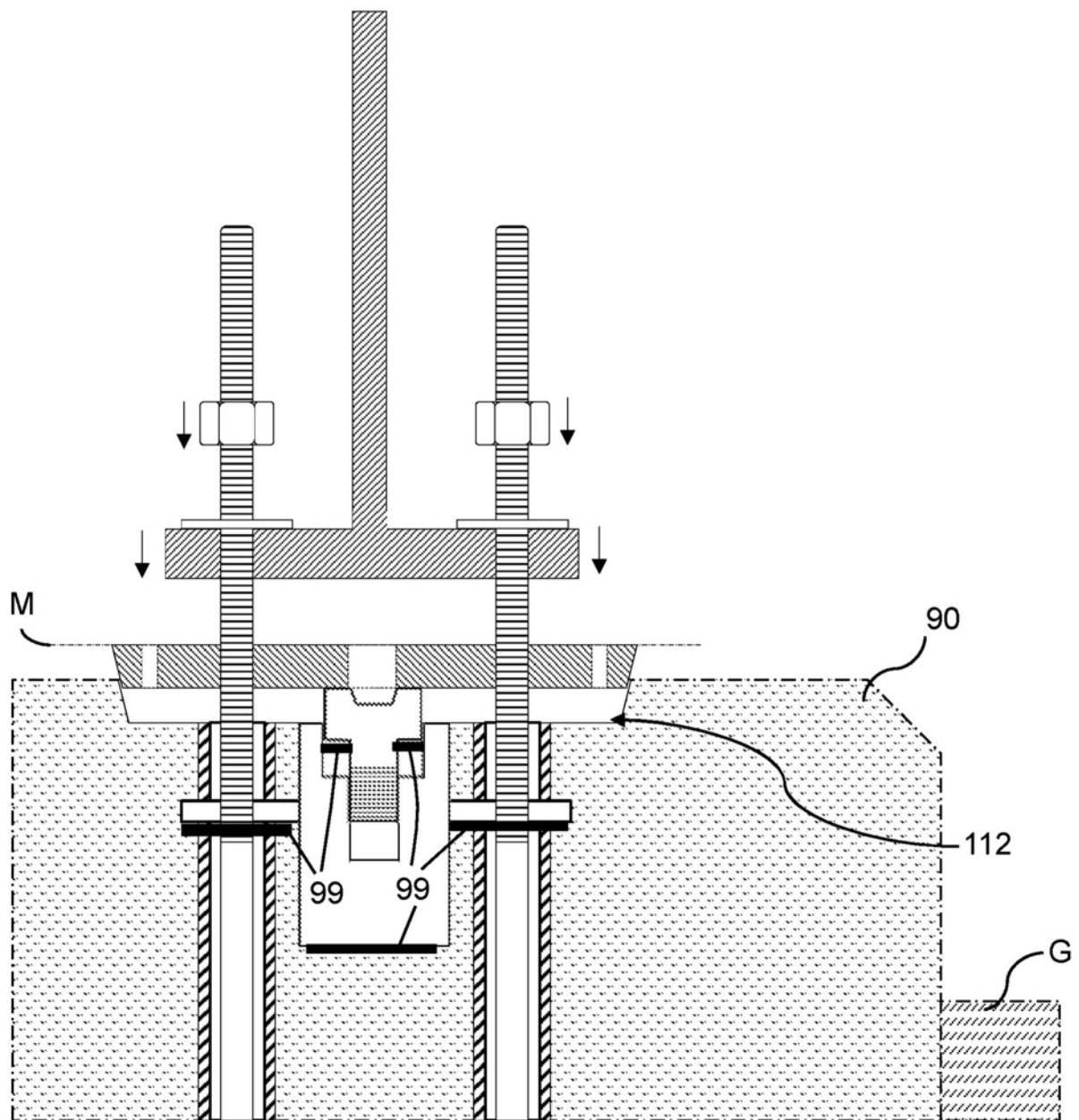


图11

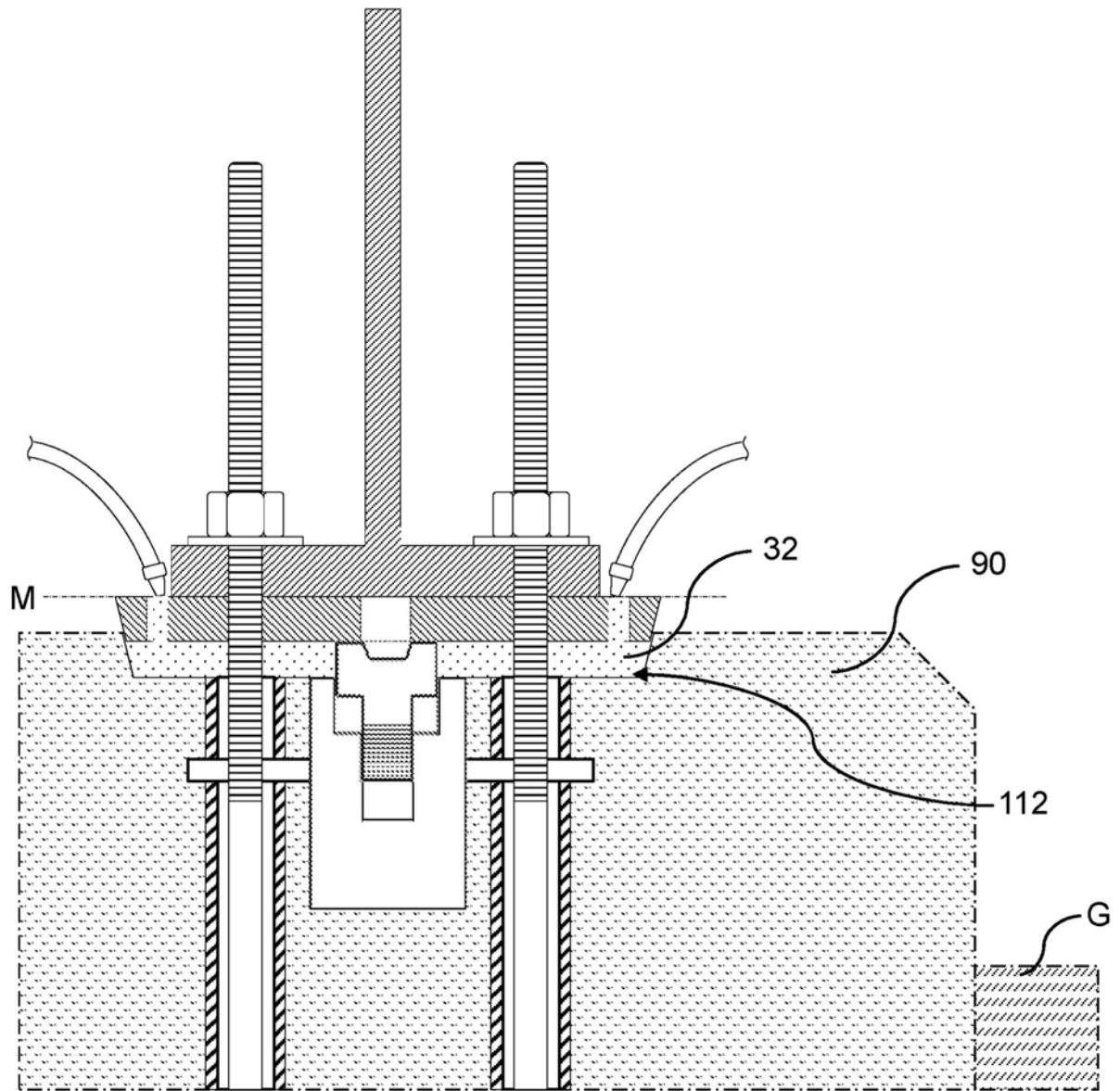


图12

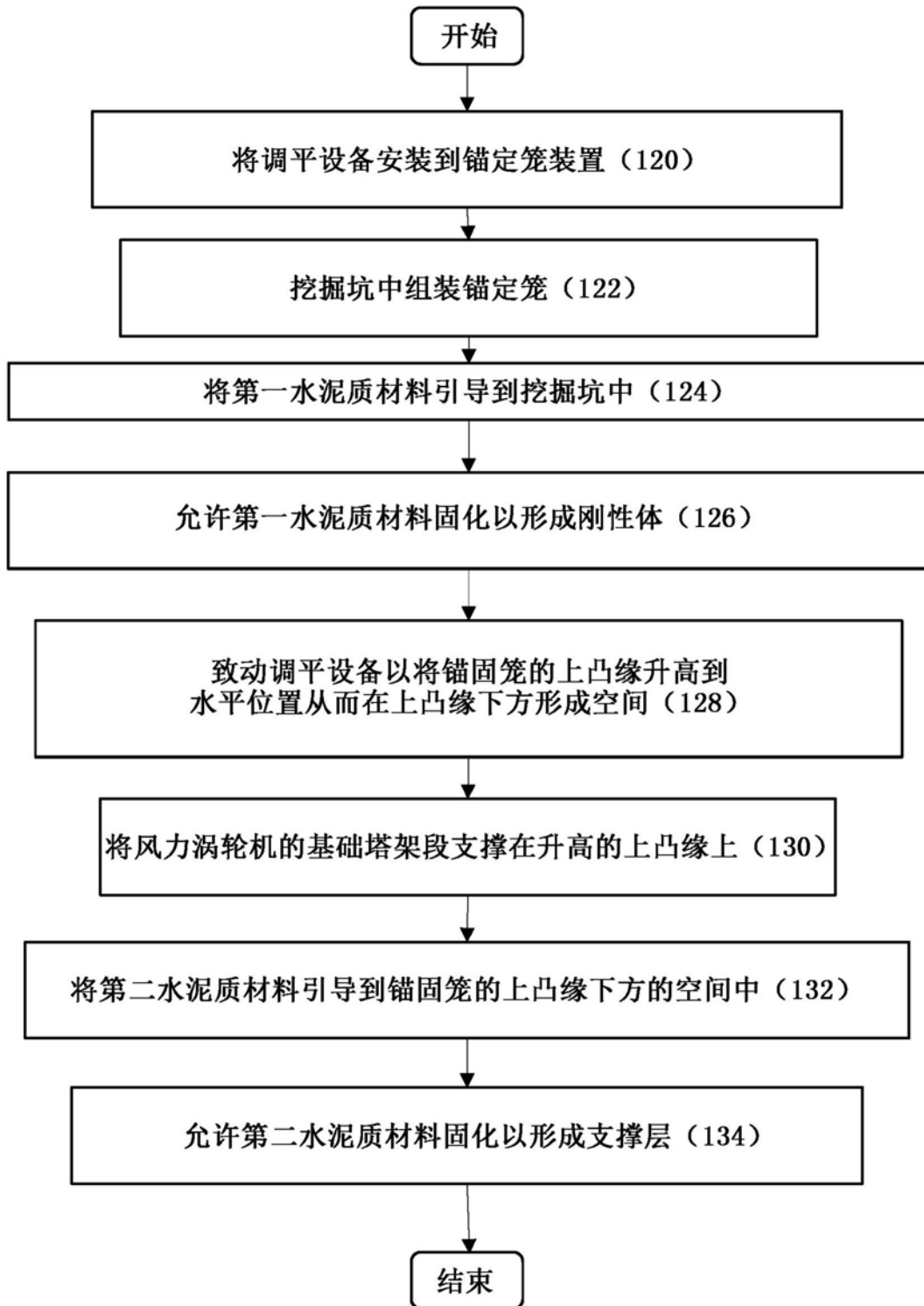


图13