



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102213193 A

(43) 申请公布日 2011. 10. 12

(21) 申请号 201110031162. 8

(22) 申请日 2011. 01. 28

(30) 优先权数据

10152435. 3 2010. 02. 02 EP

(71) 申请人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 R. 哈特科普夫

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 薛峰

(51) Int. Cl.

F03D 11/04(2006. 01)

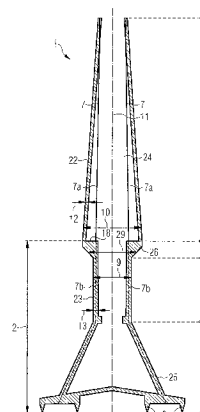
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

用于支撑海上风力涡轮机的支撑结构

(57) 摘要

本发明提供了一种用于支撑海上风力涡轮机的支撑结构(1、100),其包括构造成至少部分地接触海床的基座(2)以及塔(3)的至少一部分。所述基座(2)和所述塔(3)的至少一部分是单件式的。



1. 一种用于支撑海上风力涡轮机的支撑结构(1、100),包括构造成至少部分地接触海床的基座(2)以及塔(3)的至少一部分,其中,所述基座(2)和所述塔(3)的至少一部分是单件式的。

2. 如权利要求1所述的支撑结构(1、100),其特征在于,所述支撑结构(1、100)包括混凝土和/或钢。

3. 如权利要求1或2所述的支撑结构(1、100),其特征在于,所述基座(2)包括狭窄区段(5)、和/或下区段(4)、和/或过渡区段(6),所述狭窄区段(5)的直径(9)小于所述塔(3)的最大直径(10),所述过渡区段(6)具有变化直径(29)。

4. 如权利要求3所述的支撑结构(1、100),其特征在于,所述过渡区段(6)位于所述狭窄区段(5)和所述塔(3)之间。

5. 如权利要求1至4中任一项所述的支撑结构(1、100),其特征在于,所述支撑结构(1、100)包括过渡区段(6),所述过渡区段(6)的直径大于所述狭窄区段(5)的直径。

6. 如权利要求1至5中任一项所述的支撑结构(1、100),其特征在于,所述塔(3)包括外壁(22),所述狭窄区段(5)包括外壁(23),所述狭窄区段(5)的外壁(23)厚于所述塔(3)的外壁(22)。

7. 如权利要求1至6中任一项所述的支撑结构(1、100),其特征在于,所述支撑结构(1、100)的至少一部分被后加应力。

8. 如权利要求7所述的支撑结构(1、100),其特征在于,所述狭窄区段(5)中的后加应力水平不同于所述塔(3)中的应力水平。

9. 如权利要求1至8中任一项所述的支撑结构(1、100),其特征在于,所述支撑结构(1、100)包括至少一个后加应力装置(7、19、20、21)和/或至少一个后拉伸加强装置(7、19、20、21)。

10. 如权利要求9所述的支撑结构(1、100),其特征在于,所述后加应力装置(7)和/或至少一个后拉伸加强装置(19、20、21)放置在所述支撑结构(1、100)内部,或放置在所述支撑结构(1、100)的壁(22、23、25、26)的内部,或沿所述结构(1、100)的侧面位于外部。

11. 如权利要求9或10所述的支撑结构(1、100),其特征在于,所述后加应力装置(7)和/或至少一个后拉伸加强装置(19、20、21)放置在所述塔(3)中且至少部分地位于外壁(22)的外部,和/或放置在所述下区段(4)中且位于所述下区段(4)的外壁(25)内部,和/或放置在所述狭窄区段(5)中且位于所述狭窄区段(5)的外壁(23)的内部。

12. 如权利要求9至11中任一项所述的支撑结构(1、100),其特征在于,所述塔(3)中的后加应力装置(7)连接到所述过渡区段(6)中的后加应力装置(7),和/或连接到所述狭窄区段(5)中的后加应力装置(7),和/或连接到所述下区段(4)中的后加应力装置(7);和/或所述过渡区段(6)中的后加应力装置(7)连接到所述狭窄区段(5)中的后加应力装置(7),和/或连接到所述下区段(4)中的后加应力装置(7);和/或所述狭窄区段(5)中的后加应力装置(7)连接到所述下区段(4)中的后加应力装置(7)。

13. 如权利要求1至12中任一项所述的支撑结构(1、100),其特征在于,所述下区段(4)和/或狭窄区段(5)和/或过渡区段(6)和/或塔(3)是空心的。

14. 如权利要求1至13中任一项所述的支撑结构(1、100),其特征在于,所述下区段(4)包括至少一个裙部(8)。

-
15. 一种风力涡轮机,包括如权利要求 1 至 14 中任一项所述的支撑结构(1、100)。

用于支撑海上风力涡轮机的支撑结构

技术领域

[0001] 本发明涉及用于支撑海上风力涡轮机的支撑结构。本发明进一步涉及风力涡轮机。

背景技术

[0002] 海上风力涡轮机的基座通常分为三组,即重力基座、单桩基座、以及诸如三脚架基座或吸桶基座之类的先进基座。

[0003] 重力基座通常由混凝土制成。它们可被制成为空心的并且具有足够的浮力以便漂浮就位,可能用浮力元件支撑,或者它们可由驳船运输并且被提升就位。基座自身的重量通常由于采用重型压载物进行压载而增大,诸如橄榄石之类的重型压载。重力基座的缺点是在大型涡轮机和/或水深很大时,它们倾向于变得非常昂贵。

[0004] 单桩基座由钢桩组成,该钢桩通常具有4—5米的直径。取决于地下的类型,桩被驱动进入海床大约20~30米。单桩基座将涡轮机塔有效地延伸到水下并进入海床。

[0005] 这种基座的一个重要优点在于不必对海床进行准备。另一方面,其需要重型打桩设备,并且这种基座类型不适合用在海床中存在许多大岩石的位置。而且,在大型涡轮机和/或水深很大时,其倾向于变得非常昂贵。

[0006] 最常见的先进海上基座是三脚架基座。这种类型的基座吸收了经验,从而利用重量轻且成本节约的三足钢护套,其用于石油产业中的近海边际油田。该结构通常由中心管和三个倾斜足组成。三个足在底部连接并且也连接到中心管。在每个足的端部,使用短的竖直管作为围绕钢桩的护套,该钢桩被深深地驱动进入海床中。在完成打桩之后,将高强度砂浆注入护套,从而形成桩和足之间的牢固连接。

[0007] 钢三脚架的缺点是它们是物理上非常大的结构并具有高要求的、复杂的、疲劳加载的焊接点。因此,它们倾向于非常昂贵。

[0008] 对于海上风力涡轮机所用的这些和大多数其他已知基座而言常见的是,当安装在风力田地点时,支撑风力涡轮机塔的基座结构在水面上伸出。由于明显的原因,海面以下的包括紧固件(螺栓等)的连接构造可能是困难且危险的。

[0009] EP1884598中公开的基座是一个例外。在EP1884598中公开了一种海上基座,其包括桩和上部结构。该桩被向下夯到海床中并且仅在海床上伸出有限伸长量。桩提供了用于上部结构的基座柱,该上部结构被紧固在桩的顶部上。这里,问题在于建立桩和上部结构之间的接合,一个通常由注入高强度砂浆所完成的任务。

[0010] 对于几乎所有海上基座而言常见的是,由于涡轮机上的外部负载可来自所有方向,所以结构的承载部分将通常位于基座的任何给定部分,经历压缩和拉伸负载。此外,工作负载带来的应力将通常在压缩应力和拉伸应力之间来回变化。

[0011] 为此,钢已经成为优选材料,这是因为其在变化应力条件下工作良好。而且,钢还具有的优点是,单位质量的强度明显好于例如混凝土。因此,塔通常由钢制成,以允许道路运输。然而,相比水泥,钢有三个主要缺点。第一,相对于强度而言的价格明显更高,并且在

很大程度上受到经济波动的影响。第二,对于风力涡轮机中的钢,疲劳常常是设计的驱动力,这里极限负载是对水泥而言的。因此,如果处理恰当,混凝土塔或基座自然具有更长的寿命。第三,钢要求非常细致的表面处理,以避免在海洋环境中的腐蚀。

[0012] 单桩和风力涡轮发电机通常以零件的形式被安装,包括自升船(例如单桩的自升船)、过渡件、2—3个塔区段、机舱和叶片。通常以两个步骤来安装基座和风力涡轮发电机,因此自升船不得不在每个风力涡轮发电机位置上安装两次。由于涡轮机是海上组装的,所以耗费了昂贵的船上时间和人工工时,完整的测试更加困难并且必须海上执行。此外,自升船是先进的设备件。例如,其具有昂贵的自升系统以及包括多个运动部分的大型旋转起重机。

[0013] EP1058787 中公开的基座是一个例外,其中,塔由模块制成,这些模块利用后拉伸缆线而保持于压缩状态。这里,缺点在于诸如用于后拉伸缆线中的高强度钢相当易受腐蚀和氢脆变。因此,被插入安装在海平面以下的结构外壁中的通道内的后拉伸缆线的长期完整性可能是成问题的。

发明内容

[0014] 本发明的第一目的是提供有利的支撑结构,用于支撑海上风力涡轮机。本发明的第二目的是提供有利的风力涡轮机。

[0015] 通过如权利要求 1 所要求保护的用于支撑海上风力涡轮机的支撑结构来实现第一目的。通过如权利要求 15 所要求保护的风力涡轮机来实现第二目的。从属权利要求限定了本发明的进一步发展。

[0016] 本发明的用于支撑海上风力涡轮机的支撑结构包括构造成至少部分地接触海床的基座和塔的至少一部分。该基座和塔的至少一部分是单件式的。这样的优点是不再需要花费代价将塔紧固到基座上。

[0017] 在本发明的上下文中,单件式意味着基座和塔或者塔的一部分是整体形成的或者由单个构件形成。最后,在基座和塔或者塔的一部分之间没有连接装置,或者在基座的不同区段之间没有连接装置。

[0018] 作为本发明支撑结构的一部分的塔的至少一部分也称为塔区段。塔或塔区段可连接到风力涡轮发电机,特别是连接到风力涡轮机机舱。

[0019] 基座可包括狭窄区段,该狭窄区段的直径小于塔的最大直径。优选地,当支撑结构安装到海床上时,狭窄区段可位于海洋的波浪拍打区域。狭窄区段比塔或塔区段更窄的好处在于这样的事实:狭窄区段暴露于波浪负载,而塔或塔区段暴露于风力负载。塔或塔区段的较大直径使得塔的结构更加刚硬。

[0020] 有利地,支撑结构可包括混凝土和/或钢。例如,其可包括 45 Mpa 或 30 Gpa 类型的混凝土。混凝土的优点在于其是相对便宜的材料。因此,基座以及风力涡轮机的成本可得到降低。

[0021] 此外,基座可包括具有变化直径的过渡区段和/或下区段。下区段可构造成至少部分地接触海床。优选地,下区段可以至少部分是圆锥形的,例如以减小冲刷。过渡区段可位于狭窄区段与塔或塔区段之间。当支撑结构被安装到海床上时,过渡区段可有利地位于最高的波浪高度之上。优选地,过渡区段的直径例如从狭窄区段到塔区段连续地或逐步增

加,从而用大于狭窄区段直径的直径来形成平台和 / 或来支撑塔。通常,过渡区段可具有比狭窄区段更大的直径。过渡区段可用于在安装期间提升支撑结构。

[0022] 塔或者塔区段可包括外壁。狭窄区段也可包括外壁。有利地,狭窄区段的外壁可比塔或塔区段的外壁更厚。

[0023] 有利地,支撑结构的至少一部分可被后加应力。后加应力可用于降低拉伸应力,尤其在混凝土的至少一部分中。例如,狭窄区段中的后加应力水平可不同于塔中的应力水平。在本文中,后加应力水平意味着在拉紧、激活或加转矩于加应力装置之后,在特定结构元件中的应力。加应力装置可指的是例如缆索、棒或线丝。在支撑结构的不同区段中提供不同应力水平,从而考虑到使特定应力水平适合于特定环境条件。例如,在海平面下面和上面,不同的应力水平可能是有利的。

[0024] 通常,支撑结构可包括至少一个后加应力装置和 / 或至少一个后拉伸加强装置,例如缆索、线丝或棒。至少一个后加应力装置和 / 或至少一个后拉伸加强装置可放置在支撑结构内部或者支撑结构的壁的内部,或者沿着结构的侧面位于外部。下区段和狭窄区段中的后加应力可在支撑结构内部施加,例如在混凝土支撑结构内部。塔或塔区段中的后加应力可至少部分地在外壁的外部施加,该外壁可以是混凝土壁,例如在塔或塔区段内部。

[0025] 至少一个后加应力装置和 / 或至少一个后拉伸加强装置可放置在塔中或者在塔区段中,至少部分地在外壁外部和 / 或在塔或塔区段内部。此外,至少一个后加应力装置和 / 或至少一个后拉伸加强装置可放置在下区段中,在下区段的外壁内部。

[0026] 而且,至少一个后加应力装置和 / 或至少一个后拉伸加强装置可被放置在狭窄区段中,在狭窄区段的外壁内部。

[0027] 优选地,塔或塔区段中的后加应力装置可连接到过渡区段中的后加应力装置,和 / 或连接到狭窄区段中的后加应力装置,和 / 或连接到下区段中的后加应力装置。此外,过渡区段中的后加应力装置可连接到狭窄区段中的后加应力装置,和 / 或连接到下区段中的后加应力装置。狭窄区段中的后加应力装置可连接到下区段中的后加应力装置。

[0028] 后拉伸加强可在混凝土结构的导管中施加或者沿着结构的侧面在外部施加。与内部后拉伸结合起来,波纹钢或至少一个塑料导管可被浇筑到混凝土构造中,在其两端具有锚。线丝可被拉着穿过导管,并借助于例如液压拉伸护套被拉伸。可向导管中填充保护物。优选地,膨胀的高强度水泥浆可用于将缆索锁定到被浇筑进混凝土结构中的导管壁。可采用其他保护材料,例如油脂或蜡,这两者均允许额外的拉伸,这是处理钢线中的松弛和混凝土变形的优选方式。内部加强所具有的优点是拉伸线丝在混凝土壁的内部得到了良好的保护,尤其被保护免于水泥浆的湿气、油脂或蜡。外部后拉伸线丝可具有塑料套和 / 或被油脂保护。优选地,外部后拉伸金属线可放置于水泥结构旁边。

[0029] 在一个优选实施例中,基座被内部后加应力,导管可填充有保护材料,例如水泥浆、油脂或蜡,用于腐蚀防护。塔部分的后拉伸可被内部后加应力。线丝可连接到锚,用于基座后加应力。优选地,用于基座部分的后拉伸线丝被从结构的底部拉拽,并且被加应力到该水平以最小化起重机工作、平台和脚手架布置。

[0030] 有利地,下区段和 / 或狭窄区段和 / 或过渡区段和 / 或塔或塔区段是空心的。在这种情况下,支撑结构的至少一部分可填充有压载物,例如泥土。这增加了支撑结构在负载下的稳定性。

[0031] 下区段可包括例如至少一个裙部,以提供支撑结构与海床的固定。而且,该裙部可构造减少冲刷或者用水泥浆堵塞下面以使得支撑结构和下部土壤之间的连接牢固。此外,该裙部可分为 3 个或更多个室(chamber)。其可用于使基座水平。

[0032] 通常,土壤界面可以是深的或浅的基座。深基座可包括一个或多个桩。浅基座可以是重力基座或吸桶基座。重力基座可被制有裙部以降低对海底准备和 / 或冲刷保护的要求。不具有裙部的重力基座是优选的。

[0033] 本发明的风力涡轮机,尤其是海上风力涡轮机,包括如前所述的本发明的支撑结构。本发明的风力涡轮机具有和本发明的支撑结构相同的优点。

[0034] 本发明的支撑结构或者本发明的风力涡轮机的所有部件可在港口附近位置的移动生产线上制造。搭扣加强件可通过滚动网或者通过旋转加强到回转模型上而预先制造。可使用跳跃成形(jumpforming)来获得良好的表面质量。

[0035] 可通过浮动起重机来进行安装。对于远的地点,可进行驳船运输。浮动起重机可被制成为双体船,其在中心上面进行提升,由此在提升时不需要移动压载物。此外,浮动起重机可被制成为具有压载罐,允许在安装期间使得浮动起重机的更多部分浸没,以获得稳定性。对于驳船运输,可延伸移动生产线,以将完整的涡轮机装载到运输驳船上。

[0036] 本发明支撑结构和本发明风力涡轮机的一个优点是所述支撑结构和 / 或所述风力涡轮机可在岸上安装和测试。风力涡轮机和基座可立刻安装。由于结构的相对低质量的缘故,所以这是可能的。在安装船上不需要自升系统。在安装船上不需要大型回转起重机。由于所选择的材料,尤其是混凝土,不需要对支撑结构进行维护或少量维护。支撑结构的寿命可能达到收集系统的寿命,其为约 60 年。移动生产线可产生更工业化的生产。本地化生产可产生本地工作机会,这可成为决策者的考虑因素。该结构是刚性的并且因此具有抵抗更深的水的潜力。可使用廉价的混凝土,例如 45 Mpa 和 30 Gpa。因此,本发明提供了低成本的海上风力涡轮机基座和塔以及低成本的海上风力涡轮机。

附图说明

[0037] 从下面对实施例的描述并结合附图,本发明的其他特征、性质和优点将变得清楚。

[0038] 图 1 以剖视图示意性地示出了本发明的支撑结构。

[0039] 图 2 示意性地示出了本发明支撑结构的变体。

[0040] 图 3 示意性地示出了本发明的风力涡轮机。

[0041] 图 4 示意性地示出了本发明的风力涡轮机和安装船。

[0042] 图 5 示意性地示出了本发明的具有后加应力缆索的支撑结构。

具体实施方式

[0043] 现在将参照图 1 至图 5 描述本发明的一个实施例。

[0044] 图 1 以剖视图示意性地示出了本发明的用于支撑海上风力涡轮机的支撑结构。支撑结构 1 包括基座 2 和塔的至少一部分 3。支撑结构 1 的中心线用附图标记 11 表示。基座 2 和塔的至少一部分 3 是单件式的。这意味着基座 2 和塔的至少一部分 3 被制成单件式的或者是被整体地形成的。换句话说,在支撑结构 1 的不同区段之间没有连接。

[0045] 基座 2 包括下区段 4、狭窄区段 5 和过渡区段 6。下区段 4 后面是狭窄区段 5。狭

窄区段 5 后面是过渡区段 6。过渡区段 6 后面是塔 3 或塔区段 3。

[0046] 下区段 4 构造成至少部分地接触海床。下区段 4 具有圆柱形状以减少冲刷。下区段 4 包括多个裙部 8。裙部 8 放置在下区段 4 的底部。裙部 8 被制造成适合于减少冲刷,并且可用于使用水泥浆填塞下面以使得支撑结构 1 和下面土壤之间的连接牢固。而且,通过将裙部 8 分为三个或更多个室,裙部 8 可用于使基座 2 水平。

[0047] 整个支撑结构 1,或者至少基座 2,或者基座 2 的至少一部分(例如下区段 4 或下区段 4 的一部分)可以是空心的。空心部分或空心区段的至少一部分可填充有诸如泥土之类的压载物。在图 1 中,整个支撑结构是空心的,其包括内部的空心空间 24。

[0048] 塔 3 具有最大直径 10。狭窄区段具有直径 9。塔 3 的最大直径 10 大于狭窄区段 5 的直径 9。而且,塔 3 包括外壁 22,狭窄区段 5 包括外壁 23。塔 3 的外壁 22 的厚度 12 小于狭窄区段 5 的外壁 23 的厚度 13。

[0049] 下区段 4 具有圆锥形状,从底部到狭窄区段 5,直径减小。过渡区段 6 具有从狭窄区段 5 到塔区段 3 连续地或逐步增大的直径 29。而且,过渡区段 6 具有从狭窄区段 5 到塔区段 3 增大的壁厚。在过渡区段 6 的上表面上(在那里,过渡区段 6 后面跟着塔区段 3),形成了平台 18。平台在支撑结构 1 内部延伸。

[0050] 塔 3 或塔区段 3 具有从底部(在那里,其跟着过渡区段 6)到顶部(在那里,风力涡轮发电机可安装到塔 3 上)减小的直径。通常,塔区段 3 或塔 3 可连接到风力涡轮机,尤其是连接到风力涡轮机机舱。

[0051] 当支撑结构 1 适当地安装到海床上时,狭窄区段 5 位于波浪拍打区域,而过渡区段 6 位于最高的波浪水平高度之上。

[0052] 支撑结构 1 包括混凝土。此外,支撑结构 1 包括后加应力装置,例如至少一个缆索、线丝、棒、或任何其他合适的用于给结构或支撑结构 1 的至少一部分后加应力的装置。在图 1 中,支撑结构 1 包括至少两根后加应力缆索 7。后加应力缆索 7 放置在支撑结构 1 内部。更具体地,后加应力缆索的第一部分 7a 位于塔区段 3 内部,在塔区段 3 内部的空心空间 24 内。后加应力缆索的第一部分 7a 在塔区段 3 的顶部上或者附近连接到塔区段 3。后加应力缆索的第二部分 7b 位于过渡区段 6、狭窄区段 5 和下区段 4 的外壁 23、25、26 的内部。后加应力缆索的第二部分 7b 的端部在下区段 4 的底部连接到下区段 4,例如靠近裙部 8。替代性地,后加应力缆索 7 可通过另一种合适方式连接到支撑结构 1。而且,后加应力缆索 7 可至少部分地位于支撑结构 1 的外部。

[0053] 当支撑结构 1 或支撑结构 1 的至少一部分被后加应力时,狭窄区段 5 中的后加应力水平可不同于塔区段 3 中的应力水平。

[0054] 图 5 示意性地示出了图 1 的本发明支撑结构的变体。为了简明而省略了裙部 8。而且,相比图 1,过渡区段 6 具有略微不同的形状。

[0055] 图 5 示出了固定元件 19、20 和 21,用于固定后加应力缆索 7。固定元件 21 位于塔区段 3 顶上,靠近塔区段 3 的外壁 22。固定元件 20 位于过渡区段 6 的平台 18 处。后加应力缆索的第一部分 7a 从固定元件 21 延伸到固定元件 22,固定元件 22 在塔区段 3 的内空心空间 24 中,靠近外壁 22。后加应力缆索的第二部分 7b 从过渡区段 6 处的第二固定元件 20 延伸到第三固定元件 19。第三固定元件 19 位于靠近下区段 4 的底部,在下区段 4 的外壁 25 内部。后加应力缆索的第二部分 7b 在狭窄区段 5 的外壁 23 内部和 / 或在下区段 4

的外壁 25 内部延伸。而且,后加应力缆索的第二部分 7b 也可在过渡区段 6 的壁 26 内部延伸。

[0056] 通常,后加应力缆索的第一部分 7a 和后加应力缆索的第二部分 7b 可被分别加应力。这意味着塔区段 3 和基座 2 中的应力水平可以不同。例如,可将另外的固定元件放置在下区段 4 和狭窄区段 5 之间,以提供下区段 4 和狭窄区段 5 中的不同应力水平。

[0057] 图 2 示意性地示出了本发明支撑结构 100 的变体,其略微不同于图 1 和图 5 的支撑结构 1。支撑结构 100 与支撑结构 1 的不同在于其包括位于狭窄区段 5 和过渡区段 6 之间的第一中间区段 26,以及位于下区段 4 和狭窄区段 5 之间的第二中间区段 27。

[0058] 图 3 以部分透视图示意性地示出了本发明的风力涡轮机 28。风力涡轮机 28 包括结合图 1、图 2 和图 5 所描述的支撑结构 100。机舱 14 安装在塔 3 顶上。机舱 14 包括具有多个转子叶片 15 的转子。风力涡轮机通常包括两个或三个转子叶片 15。

[0059] 图 4 示意性地示出了图 3 的本发明风力涡轮机 28,其固定到安装船 16。海平面由附图标记 17 表示。安装船 16 可包括具有升降起重机的浮动双体船起重机。例如,安装船 16 可包括两个自推进的驳船,其可由承载了升降或回转起重机的巨型框架连接。在这种情况下,海上工作被减少到最少,仅包括运输和放置具有预安装且测试的风力涡轮机的支撑结构。

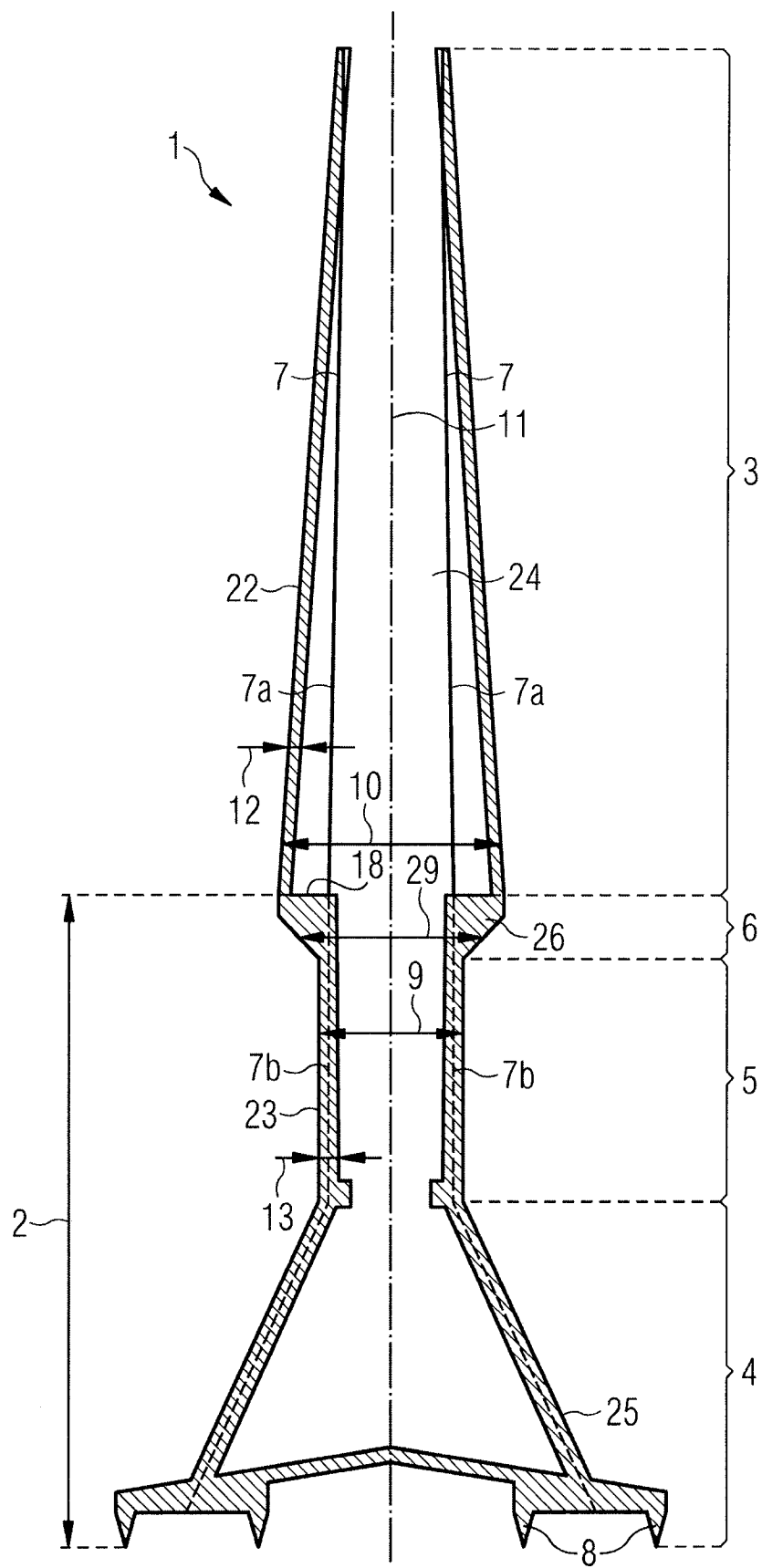


图 1

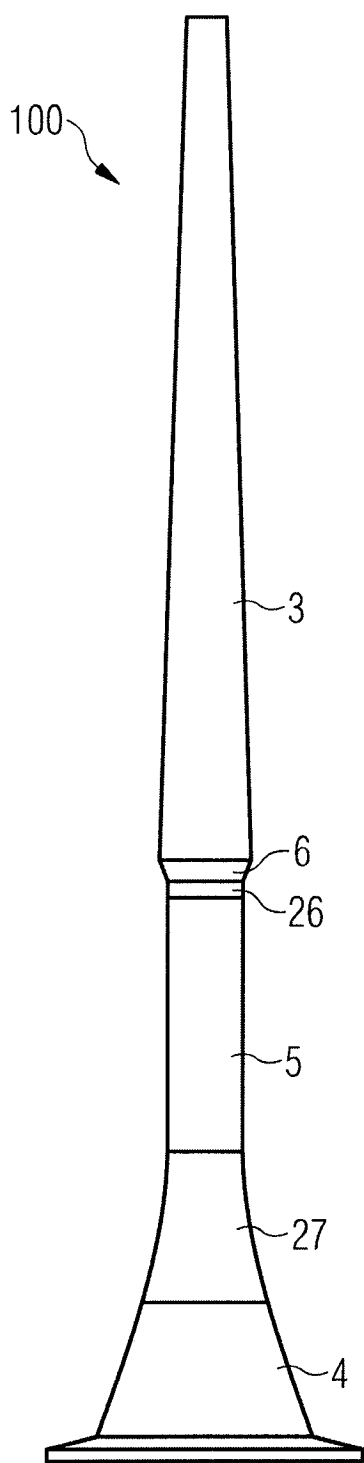


图 2

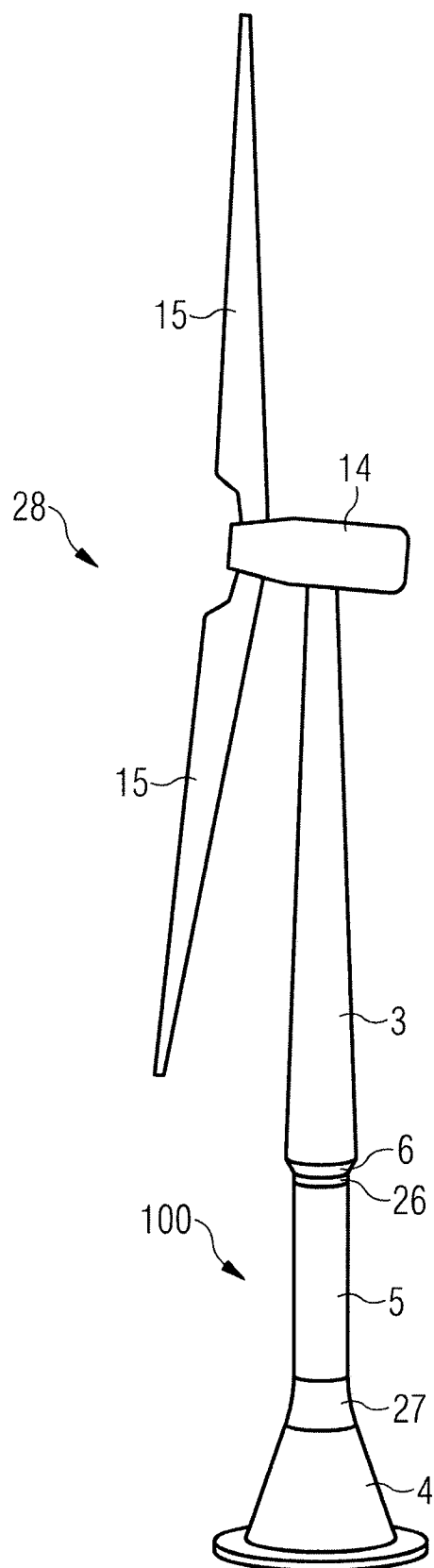


图 3

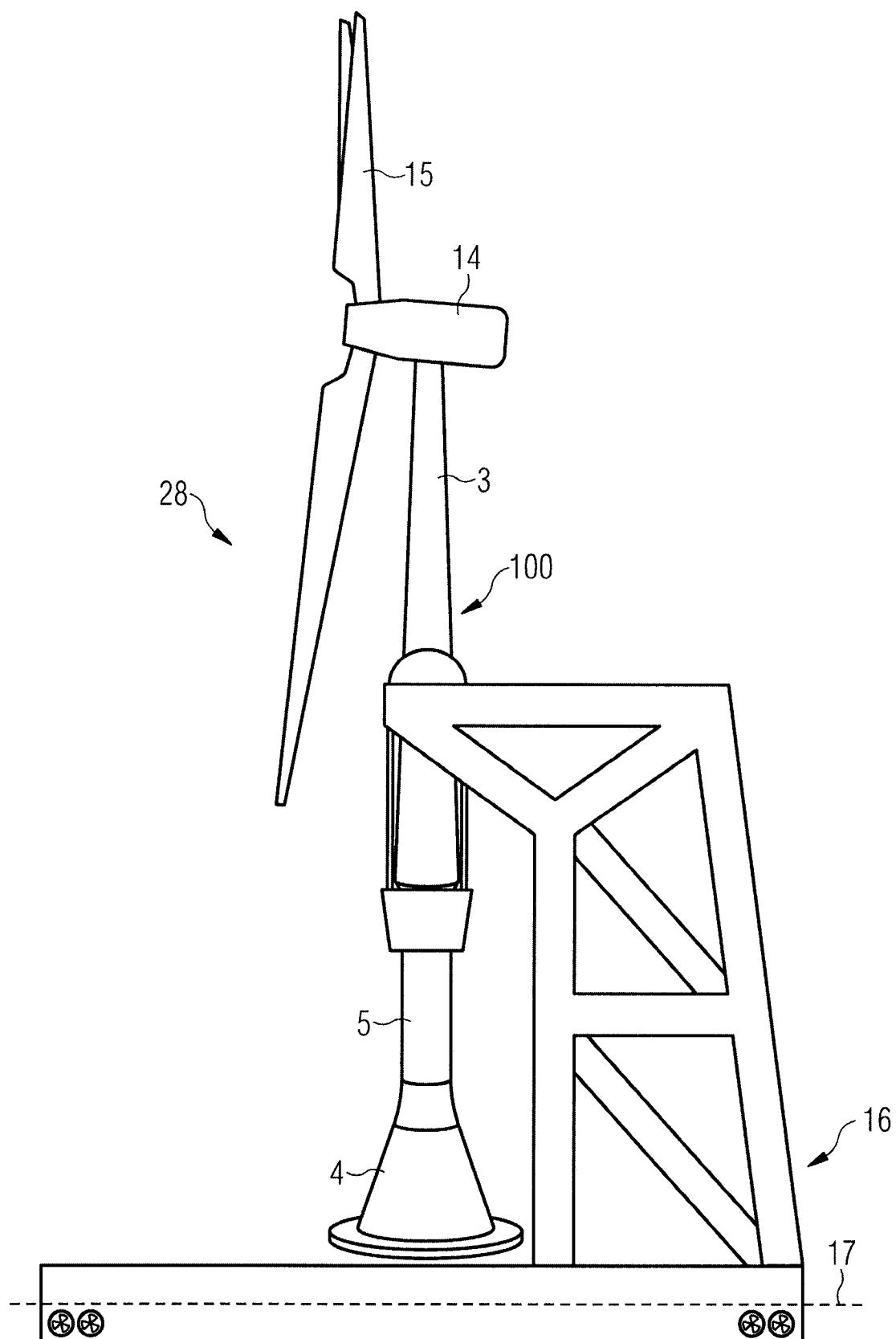


图 4

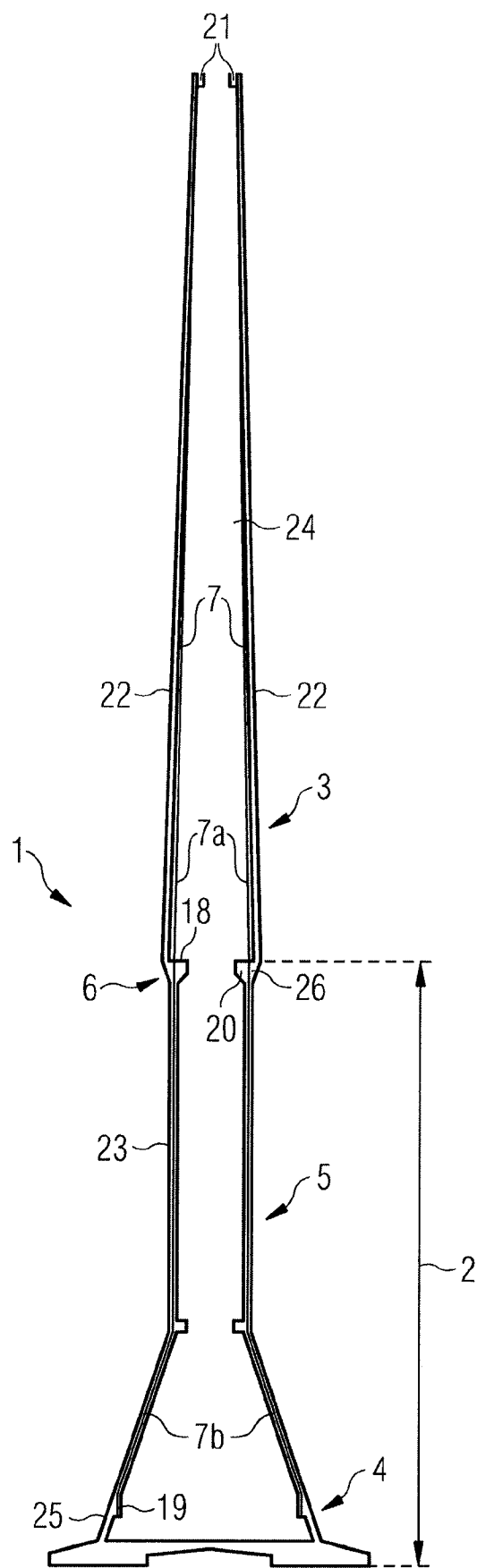


图 5