



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103981894 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 13

(21) 申请号 201410181475. 5

CN 201593193 U, 2010. 09. 29,

(22) 申请日 2014. 04. 30

WO 2009144445 A1, 2009. 12. 03,

(73) 专利权人 天津大学

审查员 李悦

地址 300072 天津市南开区卫津路 92 号

(72) 发明人 丁红岩 张浦阳 石建超 熊康平

(74) 专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代理  
事务所 12201

代理人 琪琛

(51) Int. Cl.

E02D 27/52(2006. 01)

E02D 27/42(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 201695381 U, 2010. 06. 04,

CN 103184741 A, 2013. 07. 03,

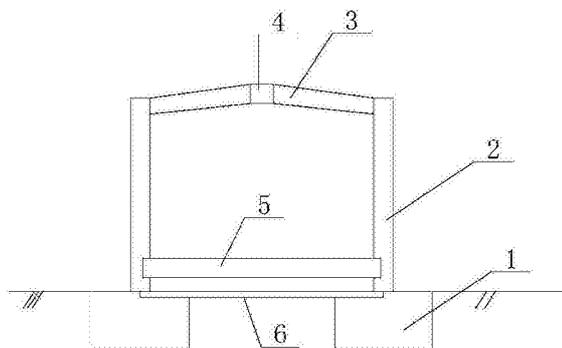
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种多个筒型基础组合的基础结构体系

(57) 摘要

本发明公开了一种多个筒型基础组合的基础结构体系,四个筒型基础的中心点连线构成一个四边形;每个筒型基础顶部设置有一个桩体,每个桩体的中心线与其所对应筒型基础的中心线在同一直线上;四个筒型基础中央位置的上方设置有节点连接件,节点连接件与每个桩体顶部外侧之间连接有型钢梁,每个型钢梁由与节点连接件相接的端部到与桩体相接的端部向下倾斜;桩体根部之间连接有桩间支撑,筒型基础之间连接有整体钢板。本发明通过型钢梁与桩体有效地将上部结构传递下来的较大弯矩,在筒型基础处近似转化为拉力和压力,以发挥筒型基础最大的承载力,节省材料,并且在施工中可实现“浮运-下沉-调平”成套技术,施工周期短,降低海上风电场建设成本。



1. 一种多个筒型基础组合的基础结构体系,包括四个筒型基础,其特征在于,四个所述筒型基础的中心点连线构成一个四边形;每个所述筒型基础顶部设置有一个桩体,每个所述桩体的中心线与其所对应所述筒型基础的中心线在同一直线上;四个所述筒型基础中央位置的上方设置有节点连接件,所述节点连接件与每个所述桩体顶部外侧之间连接有型钢梁,每个所述型钢梁由与所述节点连接件相接的端部到与所述桩体相接的端部向下倾斜;所述桩体根部之间由桩间支撑相互连接,所述筒型基础之间连接有整体钢板;

所述型钢梁为变截面梁,其截面高度由与所述节点连接件连接的端部到与所述桩体连接的端部呈连续变化的逐渐降低;

每个所述型钢梁与水平面的夹角为 $5 \sim 20$ 度;

所述桩间支撑设置有四个,分别设置于两两相邻的所述桩体之间;

所述整体钢板顶面与所述筒型基础的顶面齐平,所述整体钢板的直线边缘与所述筒型基础外壁边缘相切。

2. 根据权利要求1所述的一种多个筒型基础组合的基础结构体系,其特征在于,所述筒型基础为钢筋混凝土结构、钢结构、钢-钢筋混凝土组合结构其中的一种。

3. 根据权利要求1所述的一种多个筒型基础组合的基础结构体系,其特征在于,所述筒型基础的外径为 $10 \sim 15\text{m}$ ,高度为 $6 \sim 8\text{m}$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种多个筒型基础组合的基础结构体系,其特征在于,所述筒型基础内部设置有多数舱室。

5. 根据权利要求1所述的一种多个筒型基础组合的基础结构体系,其特征在于,相邻两个所述筒型基础之间的净距离为 $1 \sim 3$ 倍的所述筒型基础外径。

6. 根据权利要求1所述的一种多个筒型基础组合的基础结构体系,其特征在于,所述桩体的高度为 $15 \sim 25\text{m}$ ,外径为 $1 \sim 3\text{m}$ 。

## 一种多个筒型基础组合的基础结构体系

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种港口、海洋、水利和桥梁工程的基础结构领域，具体的说，是涉及一种多筒组合以优化筒型基础受力的基础结构。

### 背景技术

[0002] 目前，在海洋工程领域如海上风力发电工程中，基础结构通常有桩基础、重力式基础、导管架式基础、负压基础和浮式平台等形式，这些基础结构通常需要大型机具进行运输和安装，造成施工费用较高，施工周期较长。相比传统基础结构而言，筒型基础由于其造价低廉、施工便捷、使用安全可靠、可回收复用等特点被广泛应用于海洋工程中。

[0003] 但是，海上风力发电基础结构所处环境十分复杂，所受荷载除了上部结构传递下来的风机塔架等结构重量的竖向力外，还有风荷载传递到基础结构的水平力和弯矩，以及波浪、海流、海冰荷载等。大弯矩荷载一般导致需要筒型基础直径较大，而大直径单筒基础的施工限制条件较多，如其运输和安装过程需要大型机具等。

[0004] 因此，如何设计合理的基础形式和传力体系，将上部荷载安全有效地传递到筒型基础，并最大可能的发挥筒型基础的承载力，克服大直径单筒基础的施工限制是筒型基础设计中的一个关键环节。

### 发明内容

[0005] 本发明要解决的是现有技术中存在的上述问题，提供一种多个筒型基础组合的基础结构体系，通过型钢梁与桩体有效地将上部结构传递下来的较大弯矩，在筒型基础处近似转化为拉力和压力，以发挥筒型基础最大的承载力，节省材料，并且在施工中可实现“浮运 - 下沉 - 调平”成套技术，施工周期短，降低海上风电场建设成本。

[0006] 为了解决上述技术问题，本发明通过以下的技术方案予以实现：

[0007] 一种多个筒型基础组合的基础结构体系，包括四个筒型基础，四个所述筒型基础的中心点连线构成一个四边形；每个所述筒型基础顶部设置有一个桩体，每个所述桩体的中心线与其所对应所述筒型基础的中心线在同一直线上；四个所述筒型基础中央位置的上方设置有节点连接件，所述节点连接件与每个所述桩体顶部外侧之间连接有型钢梁，每个所述型钢梁由与所述节点连接件相接的端部到与所述桩体相接的端部向下倾斜；所述桩体根部之间由桩间支撑相互连接，所述筒型基础之间连接有整体钢板。

[0008] 所述筒型基础为钢筋混凝土结构、钢结构、钢 - 钢筋混凝土组合结构其中的一种。

[0009] 所述筒型基础的外径为 10 ~ 15m，高度为 6 ~ 8m。

[0010] 所述筒型基础内部设置有多数舱室。

[0011] 相邻两个所述筒型基础之间的净距离为 1 ~ 3 倍的所述筒型基础外径。

[0012] 所述桩体的高度为 15 ~ 25m，外径为 1 ~ 3m。

[0013] 所述型钢梁为变截面梁，其截面高度由与所述节点连接件连接的端部到与所述桩体连接的端部呈连续变化的逐渐降低。

[0014] 每个所述型钢梁与水平面的夹角为 5 ~ 20 度。

[0015] 所述桩间支撑设置有四个,分别设置于两两相邻的所述桩体之间。

[0016] 所述整体钢板顶面与所述筒型基础的顶面齐平,所述整体钢板的直线边缘与所述筒型基础外壁边缘相切。

[0017] 本发明的有益效果是:

[0018] 本发明的基础结构体系在四个筒型基础之间采用型钢梁和桩体过渡,并将四个筒型基础连成整体,有利于增加基础结构体系抗倾覆力矩,提高运输过程中的稳定性;型钢梁相交部分采用节点连接件刚接,共同传递上部荷载,增加结构整体刚度。

[0019] 本发明的基础结构体系通过型钢梁与桩体形成近似拱的受力特点,有效地将上部结构传递下来的较大弯矩,在筒型基础处近似转化为拉力和压力,以发挥筒型基础最大的承载力,结构形式简单,受力体系清晰,节省材料,降低造价。另外,变截面的型钢梁由于其刚度变化,还能使节点处承受的荷载更加均匀的扩散到筒型基础。

[0020] 本发明的基础结构体系设置桩间支撑和筒间的整体钢板,使基础结构体系的下部结构整体性更强,增大了传力体系的整体刚度,结构受力效果更好。桩间支撑和整体钢板既加强了四个桩体以及桩体和型钢梁整体的刚度,使桩体和型钢梁能够在保证自身刚度前提下有效地将上部结构的荷载传递到筒型基础上,而且加强了四个筒型基础的整体性,能有效地改善施工过程中筒型基础间的相互错动等情况,有利于提高施工质量,同时优化了四个筒型基础的受力,避免四个筒型基础间的内力差异过大,从而减小基础结构体系整体的不均匀沉降,保证其能正常发挥自身优势。

[0021] 本发明的基础结构体系与单筒筒型基础相比直径较小,在施工中可实现“浮运-下沉-调平”成套技术,基础结构与塔筒及风机在海上整体安装,在施工过程中能够减少大型机具的使用,所需设备简单,海上安装时间仅需数小时,相对于传统基础结构建设周期短、效率高、安全环保,可使海上风电的建设速度大大提高,建造周期显著缩短,极大地降低海上风电场的建设成本,使海上风电更加具备标准化、模块化开发的条件。

## 附图说明

[0022] 图 1 是本发明所提供的基础结构体系的主视图;

[0023] 图 2 是本发明所提供的基础结构体系的俯视图。

[0024] 图中:1、筒型基础;2、桩体;3、型钢梁;4、节点连接件;5、桩间支撑;6、整体钢板。

## 具体实施方式

[0025] 为能进一步了解本发明的发明内容、特点及效果,兹例举以下实施例,并配合附图详细说明如下:

[0026] 如图 1 和图 2 所示,本实施例公开了一种多个筒型基础组合的基础结构体系,包括四个相同的筒型基础 1、四个相同的桩体 2、四个相同的型钢梁 3、节点连接件 4、四根相同的桩间支撑 5 以及一块整体钢板 6。

[0027] 筒型基础 1 是顶部封闭、底部敞口的一种圆筒状钢结构基础,外径为 10m,壁厚 25mm,顶盖厚 50mm,筒高 6m,其内部通过设置分舱板分成多个舱室。筒型基础 1 的直径通常为 10-15m,高度通常为 6-8m;材质可以是钢筋混凝土、钢-钢-钢筋混凝土复合材料;内部

可进行分舱处理,也可以不进行分舱处理。

[0028] 四个筒型基础 1 在水平面上按照其中心点连线能够构成一个正方形进行排布,相邻两个筒型基础 1 之间的净距离为 15m。四个筒型基础 1 的布置要求为在水平面上呈菱形或其他不规则四边形分布,即其中心分别位于一个四边形的四个顶点上。相邻两个筒型基础之间的净距离为 1 ~ 3 倍的筒型基础外径,这样能够在充分发挥桩体 2 和型钢梁 3 的整体组合优化筒型基础 1 受力作用的同时,保证桩体 2 和型钢梁 3 的整体刚度,避免由型钢梁 3 自重产生过大的竖向位移,桩体 2 和型钢梁 3 的整体可以更好地发挥拱的受力特性。

[0029] 筒型基础 1 之间由一块整体钢板 6 相互连接,整体钢板 6 的设置提高了四个筒型基础 1 的整体性,有利于提高实际施工质量,并且有效的优化了四个筒型基础 1 的受力,避免四个筒型基础 1 间内力差异过大,从而减小了基础结构体系整体的不均匀沉降。整体钢板 6 的厚度为 20mm,整体钢板 6 顶面与筒型基础 1 的顶面齐平,整体钢板 6 的直线边缘与筒型基础 1 外壁边缘相切。实际工程中将整体钢板 6 与筒型基础 1 外壁采用焊接方式连接。

[0030] 桩体 2 为圆形空心钢桩,桩径 2m,壁厚 35mm,高为 21m。桩体 2 底面与筒型基础 1 顶面刚接,桩体 2 延长度方向的中心线与筒型基础 1 的中心线(轴线)一致。桩体 2 可以为圆桩、方桩或其他形式的空心钢桩,桩体 2 高度通常为 15 ~ 25m,外径通常为 1 ~ 3m,壁厚通常为 25 ~ 50mm,具体尺寸可以根据实际工程进行调整。

[0031] 桩体 2 根部之间由四根桩间支撑 5 相互连接,四根桩间支撑 5 分别设置于两两相邻的桩体 2 之间。桩间支撑 5 不仅提高了四根桩体 2 的整体刚度以及由桩体 2 和型钢梁 3 所构成传力体系的刚度,有效的保证了传力体系按设计情况传递上部荷载,还间接的提高了四个筒型基础 1 的整体性,有利于提高实际施工质量。桩间支撑 5 采用空心圆钢管,直径为 1.5m,壁厚为 35mm。桩间支撑 5 通常由空心钢管制成,可以为空心圆钢管、空心方钢管或其他形状的钢管。

[0032] 四个型钢梁 3 在上部将四个桩体 2 连接在一起,并在四个筒型基础 1 中央位置的上方相交,相交部位由节点连接件 4 连接。四个筒型基础 1 的中央位置即为其中心点连线所构成四边形的形心位置。型钢梁 3 的一端与节点连接件 4 刚接,另一端与桩体 2 顶部外表面刚接;型钢梁 3 由与节点连接件 4 相接的端部到与桩体 2 相接的端部向下倾斜,倾斜角度为 8 度。这样,桩体 2、型钢梁 3 和节点连接件 4 整体近似构造出拱的受力特点,共同传递上部荷载,以增加基础结构体系的整体刚度。

[0033] 型钢梁 3 采用变截面 H 型钢,与节点连接件 4 连接处梁高为 2.5m,与桩体 2 连接处梁高为 1.5m,H 型钢腹板厚度 50mm,翼缘厚 35mm,H 型钢上下翼缘间用钢板连接,钢板厚 20mm。型钢梁 3 可以选用 H 型钢、槽钢、箱型梁等,其由上端到下端的倾斜角度通常为 5 ~ 20 度。该角度范围可有效地使型钢梁 3 传递的部分弯矩转化为轴向力,使桩体 2 和型钢梁 3 整体更好地构造出拱的受力特点,从而更充分的利用型钢梁 3 结构的承载力,并将上部结构的竖向位移控制在一个合理范围内,同时避免了材料浪费。型钢梁 3 的截面形式可以为等截面或者变截面,其中,变截面型钢梁 3 的截面高度由与节点连接件 4 连接的端部到与桩体 2 连接的端部逐渐降低,并且截面高度是连续变化的。通过变截面的型钢梁 3 刚度变化可以使节点连接件 4 处的荷载更加均匀的扩散到筒型基础 1。

[0034] 节点连接件 4 可采用空心圆筒、型钢梁拼接成的十字节点等形式,位于四个筒型基础 1 中央位置上方一定高度,其上部可以通过法兰盘与上部结构进行连接,并将上部结

构传递下来的荷载向下传递。

[0035] 本发明的基础结构体系可以在陆地上整体拼装后,通过海上漂浮拖航将其整体拖到施工位置,借助自重及负压实现贯入安装,安装完成后与上部风机进行拼装。使用中或使用完毕后还可借助与贯入时反向的气压将所述基础顶升进行回收利用。

[0036] 尽管上面结合附图对本发明的优选实施例进行了描述,但是本发明并不局限于上述的具体实施方式,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,并不是限制性的,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,还可以作出很多形式的具体变换,这些均属于本发明的保护范围之内。

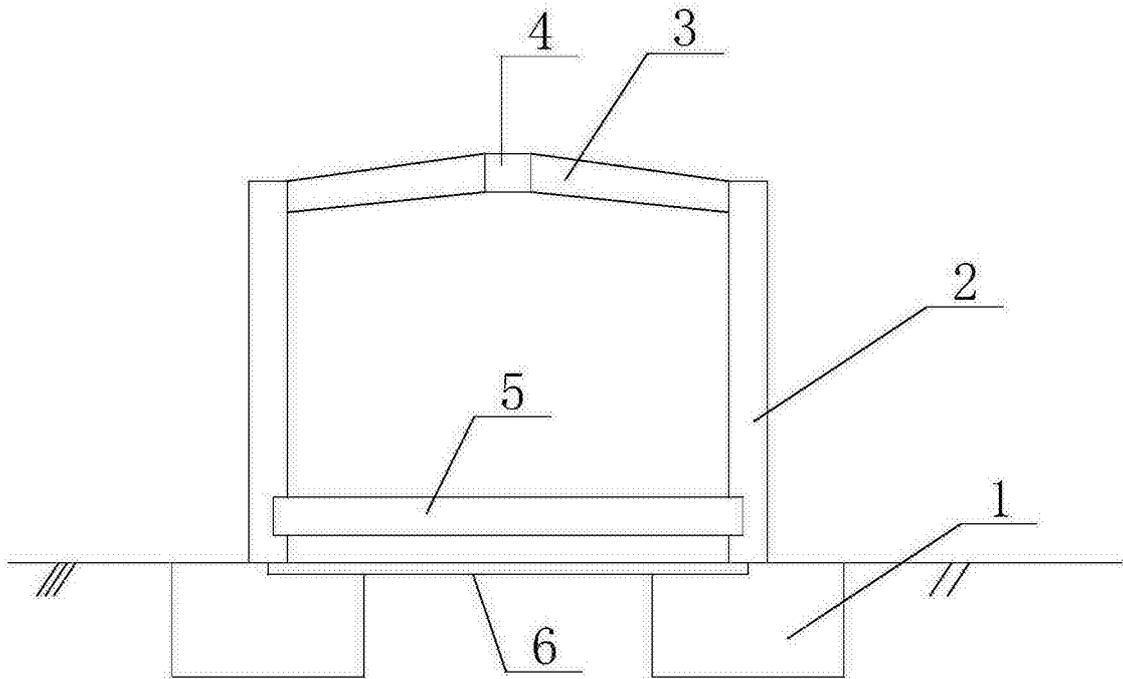


图 1

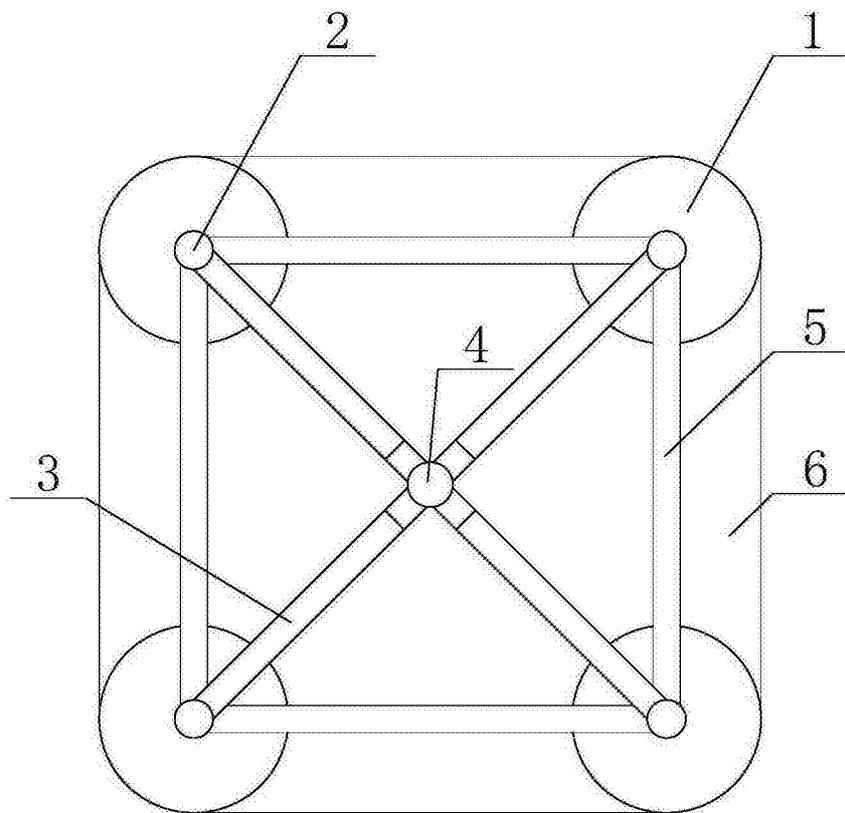


图 2