(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 120099994 A
(43)申请公布日 2025.06.06

(21)申请号 202510518066.8

(22)申请日 2025.04.23

(71)申请人 中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司
地址 430071 湖北省武汉市武昌区中南二路12号

(72)发明人 吴艳姣 陈守祥 龚敏 冯世进 尚雄斌 张彦昌 刘川燕 张晓磊 张东明 吴冬冬 赵星 罗序江 高广银 翟鑫 叶惠 郑淼 李诗意 刘欢

(74)专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司 42104
专利代理师 陈家安

(51)Int.Cl.
E02D 27/42(2006.01)
F03D 13/20(2016.01)

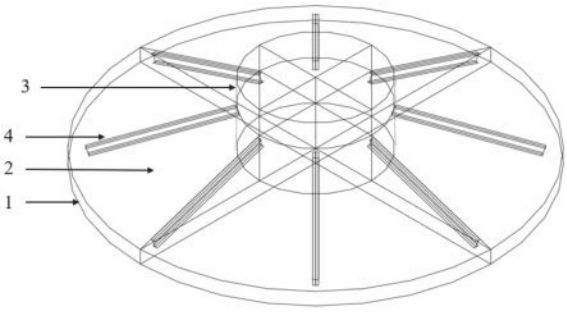
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种钢骨混凝土预应力风机基础及施工方法

(57)摘要

本发明涉及风力发电技术领域,尤其涉及一种钢骨混凝土预应力风机基础及施工方法,在传统的重力扩展式基础上进行优化设计,从结构形式上提出了一种新的结构,该结构包括原有的风机基础、钢骨结构和预应力体系。原有的风机基础顶部设置有基础台柱和基础圆台,在基础的最下方设置有基础的底板。钢骨结构由设置在基础台柱中的型钢构件、连接于型钢上的连接套筒和用于固定型钢的竖向架立钢筋组成,同时在连接套筒处设置对应的加劲肋。预应力体系由竖向设置的锚杆、锚板、锚栓和环向的预应力钢筋构成,可以有效增强风机基础的承载力。该结构可以有效降低混凝土与钢筋用量,因钢骨承载力较高,代替了大量的钢筋,降低工程量,缩短施工周期和降低造价。



CN 120099994 A

1.一种钢骨混凝土预应力风机基础,其特征在于,包括传统风机基础、钢骨结构和预应力体系,所述传统风机基础内部浇筑混凝土,所述钢骨结构布置在传统风机基础上,所述预应力体系布置在传统风机基础内部的混凝土中;

所述钢骨结构包括型钢构件(4)、竖向架立钢筋(8)和连接套筒(9),所述型钢构件(4)布置在传统风机基础的外侧,所述竖向架立钢筋(8)布置在传统风机基础的内侧,位于型钢构件(4)的下方,所述连接套筒(9)布置在型钢构件(4)上,连接套筒(9)用于连接型钢构件(4)和竖向架立钢筋(8);

所述型钢构件(4)包括水平钢(41)和两根侧钢(42),所述水平钢(41)布置在传统风机基础的外侧,所述两根侧钢(42)垂直设置在水平钢(41)的两侧,所述连接套筒(9)与一侧的侧钢(42)连接。

2.如权利要求1所述的一种钢骨混凝土预应力风机基础,其特征在于,所述型钢构件(4)为多个,呈伞状布置在传统风机基础的外侧,每个型钢构件(4)上布置有多个竖向架立钢筋(8)、连接套筒(9)和加劲肋(10)。

3.如权利要求2所述的一种钢骨混凝土预应力风机基础,其特征在于,所述连接套筒(9)的直径大于竖向架立钢筋(8)的直径。

4.如权利要求3所述的一种钢骨混凝土预应力风机基础,其特征在于,所述钢骨结构还包括加劲肋(10),所述加劲肋(10)设置在两根侧钢(42)之间,与连接套筒(9)相邻。

5.如权利要求1至4任一项所述的一种钢骨混凝土预应力风机基础,其特征在于,所述传统风机基础包括风机底板(1)、风机圆台(2)和风机台柱(3):所述风机底板(1)放置于混凝土的最低侧,所述风机圆台(2)放置在风机底板(1)的上方,风机圆台(2)的上方与风机台柱(3)相连。

6.如权利要求5所述的一种钢骨混凝土预应力风机基础,其特征在于,所述风机圆台(2)的高度低于室外地坪,所述风机台柱(3)的上表面高于室外地坪。

7.如权利要求6所述的一种钢骨混凝土预应力风机基础,其特征在于,所述预应力体系包括锚栓(5)、锚板(6)、锚杆(7)、环向预应力钢筋(11),所述锚杆(7)沿竖向穿插于混凝土主体当中,所述锚板(6)为两块,分别布置在锚杆(7)的上下两侧,所述锚栓(5)用于固定锚板(6)和锚杆(7),所述环向预应力钢筋(11)穿过型钢构件(4)布置在风机圆台(2)上。

8.如权利要求7所述的一种钢骨混凝土预应力风机基础,其特征在于,所述预应力体系中预应力的计算公式为:

$$\sigma_{pe}=\sigma_{con}-\sigma_{l};$$

$$\sigma_{l}=\frac{a}{l}E_{s}+(kx+\mu\theta)\sigma_{con};$$

式中:σ_{pe}是有效预应力应力;σ_{con}是预应力控制值;σ_{l}是预应力损失值;a、kx、μθ查表得到,E_{s}为钢绞线的弹性模量;l为预应力钢绞线长度。

9.如权利要求8所述的一种钢骨混凝土预应力风机基础,其特征在于,所述锚栓(5)、锚杆(7)为若干个,在锚板(6)上均匀分布。

10.一种钢骨混凝土预应力风机基础的施工方法,其特征在于,包括以下步骤:

下放锚栓笼,分别将锚栓、锚板和锚杆放置在锚栓笼中,在锚栓笼的四周布设相应的钢筋,然后沿竖直方向布设竖向架立钢筋;

在竖向架立钢筋下放完成后安装型钢构件,将连接套筒提前焊接在型钢构件上,型钢构件呈伞状布设在传统风机基础的风机圆台上,型钢构件放置在固定完成的竖向架立钢筋之上;

在型钢构件中安装环向预应力钢筋,环向预应力钢筋穿过型钢构件布置在风机圆台上;

安装混凝土模具,在风机底板四周进行混凝土模具的安装,然后进行混凝土的浇筑,得到混凝土基础主体,同时对浇筑好的混凝土基础进行养护;

在混凝土达到设计强度之后,对环向预应力钢筋施加预应力;

安装风机台柱,风机台柱的上表面高于室外地坪,便于安装风机塔筒,风机台柱与风机塔筒通过锚栓进行连接,锚杆向下延伸至风机基础底部,风机基础的顶部和底部设置有相应的锚板,对锚栓施加设计的预应力,使风机基础整体与风机塔筒紧密相连。

一种钢骨混凝土预应力风机基础及施工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及风力发电技术领域,尤其涉及一种钢骨混凝土预应力风机基础及施工方法。

背景技术

[0002] 风力发电是世界上最具发展潜力的可持续项目之一,而要保证风力发电的可持续发展,用于安装固定风机塔筒的风机基础是其中的关键。随着风力发电风机机组的大型化,风机基础的工程量越来越大。

[0003] 目前常见的风机基础一般由风机底板、风机圆台、风机台柱和多根传统构型钢筋组成,多根传统构型钢筋呈伞状结构密集布置在风机圆台上,构型构造复杂,构型钢筋用量大,导致基础施工难度加大,施工周期变长,从而造成风机基础造价成倍增加。另外,传统风机基础部分区域的应力较为集中,易发生钢筋断裂的风险。因此,传统风机基础阻碍了风电行业的发展。对风机基础的构型进行优化设计是风电新能源发展的一个重要方向。

发明内容

[0004] 为了克服上述中现有技术的不足之处,本发明提供了一种钢骨混凝土预应力风机基础及施工方法,该结构及方法可以有效降低混凝土和钢筋用量,本发明能够解决现有的风机基础构造复杂,构型钢筋用量大,施工周期长,造价高、易断裂的技术问题。

[0005] 为实现上述目的,本发明是通过以下技术方案实现的:

[0006] 本发明设计了一种钢骨混凝土预应力风机基础,包括传统风机基础、钢骨结构和预应力体系,所述传统风机基础内部浇筑混凝土,所述钢骨结构布置在传统风机基础上,所述预应力体系布置在传统风机基础内部的混凝土中,用于增强风机基础的承载力;

[0007] 所述钢骨结构包括型钢构件、竖向架立钢筋和连接套筒,所述型钢构件布置在传统风机基础的外侧,所述竖向架立钢筋布置在传统风机基础的内侧,位于型钢构件的下方,所述连接套筒布置在型钢构件上,连接套筒用于连接型钢构件和竖向架立钢筋;

[0008] 所述型钢构件包括水平钢和两根侧钢,所述水平钢布置在传统风机基础的外侧,所述两根侧钢垂直设置在水平钢的两侧,所述连接套筒与一侧的侧钢连接。

[0009] 优选地,所述钢骨结构还包括加劲肋,所述加劲肋设置在两根侧钢之间,与连接套筒相邻。

[0010] 优选地,所述型钢构件为多个,呈伞状布置在传统风机基础的外侧,每个型钢构件中布置有多个竖向架立钢筋、连接套筒和加劲肋。

[0011] 优选地,所述连接套筒的直径大于竖向架立钢筋的直径。

[0012] 优选地,所述传统风机基础包括风机底板、风机圆台和风机台柱:所述风机底板放置于混凝土的最低侧,所述风机圆台放置在风机底板的上方,风机圆台的上方与风机台柱相连;

[0013] 优选地,所述风机圆台的高度低于室外地坪,所述风机台柱的上表面高于室外地

坪。

[0014] 优选地,所述预应力体系包括锚栓、锚板、锚杆、环向预应力钢筋,所述锚杆沿竖向穿插于混凝土主体当中,所述锚板为两块,分别布置在锚杆的上下两侧,所述锚栓用于固定锚板和锚杆,所述环向预应力钢筋穿过型钢构件布置在风机圆台上。通过放置在混凝土上下两侧的锚板和固定于锚板上的锚栓对混凝土进行预应力操作。

[0015] 优选地,所述预应力体系中预应力的计算公式为:

[0016] $\sigma_{pe}=\sigma_{con}-\sigma_1$;

[0017] $$\sigma_1=\frac{a}{l}E_s+(kx+\mu\theta)\sigma_{con}$$;

[0018] 式中:σ_{pe}是有效预应力应力;σ_{con}是预应力控制值;σ_1是预应力损失值;a、kx、μθ查表得到,E_s为钢绞线的弹性模量;l为预应力钢绞线长度。

[0019] 优选地,所述锚栓、锚杆为若干个,在锚板上均匀分布。

[0020] 本发明还设计了一种钢骨混凝土预应力风机基础的施工方法,包括以下步骤:

[0021] 下放锚栓笼,分别将锚栓、锚板和锚杆放置在锚栓笼中,在锚栓笼的四周布设相应的钢筋,然后沿竖直方向布设竖向架立钢筋;

[0022] 在竖向架立钢筋下放完成后安装型钢构件,将连接套筒提前焊接在型钢构件上,型钢构件呈伞状布设在传统风机基础的风机圆台上,型钢构件放置在固定完成的竖向架立钢筋之上;

[0023] 在型钢构件中安装环向预应力钢筋,环向预应力钢筋穿过型钢构件布置在风机圆台上;

[0024] 安装混凝土模具,在风机底板四周进行混凝土模具的安装,然后进行混凝土的浇筑,得到混凝土基础主体,同时对浇筑好的混凝土基础进行养护;

[0025] 在混凝土达到设计强度之后,对环向预应力钢筋施加预应力;

[0026] 安装风机台柱,风机台柱的上表面高于室外地坪,便于安装风机塔筒,风机台柱与风机塔筒通过锚栓进行连接,锚杆向下延伸至风机基础底部,风机基础的顶部和底部设置有相应的锚板,对锚栓施加设计的预应力,使风机基础整体与风机塔筒紧密相连。

[0027] 有益效果:

[0028] 本发明涉及风力发电技术领域,在传统的重力扩展式基础上进行优化设计,从结构形式上提出了一种新的结构,该结构包括传统风机基础、钢骨结构和预应力体系。原有的风机基础顶部设置有基础台柱和基础圆台,在基础的最下方设置有基础的底板。钢骨结构由设置在基础台柱中的型钢构件、连接于型钢上的连接套筒和用于固定型钢的竖向架立钢筋组成,同时在连接套筒处设置对应的加劲肋。预应力体系主要由竖向设置的锚杆、锚板、锚栓和环向的预应力钢筋构成,可以有效增强风机基础的承载力。

[0029] 根据有限元计算的结果可知,优化构型与传统构型相比,钢筋的最大压应力仅为原有40%,最大拉应力仅为原有的64%。在施工方面,钢骨结构替代了大量的钢筋,从而使锚栓中的钢筋密度大大降低,从而减小了施工的难度;同时,优化构型的钢材用量约为传统构型的80%。

[0030] 该结构可以有效降低混凝土和钢筋用量,因钢骨具有较高的承载力特性,同时钢骨混凝土结构也可以发挥混凝土自身的材料强度,从而代替了大量的钢筋,使风机基础构

造简单,钢骨用量少,进而达到降低工程量,缩短施工周期和降低造价的目的。

附图说明

[0031] 图1为本发明风机基础结构示意图。

[0032] 图2为图1的俯视示意图。

[0033] 图3为图1的剖面示意图。

[0034] 图4为钢骨结构的立体示意图。

[0035] 图5为本发明风机基础的施工流程图。

[0036] 图6为本发明风机基础的应力分析示意图。

[0037] 图7为传统重力式风机基础结构示意图。

[0038] 图8为传统重力式风机基础的应力分析示意图。

[0039] 附图标记:

[0040] 传统风机基础:1-风机底板;2-风机圆台;3-风机台柱;12-传统构型钢筋;

[0041] 钢骨结构:4-型钢构件(41-水平钢、42-侧钢);8-竖向架立钢筋;9-连接套筒;10-加劲肋;

[0042] 预应力体系:5-锚栓;6-锚板;7-锚杆;11-环向预应力钢筋。

具体实施方式

[0043] 下面将结合实施例对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0044] 目前常见的风机基础一般由风机底板1、风机圆台2、风机台柱3和多根传统构型钢筋12组成,多根传统构型钢筋12呈伞状结构密集布置在风机圆台上,构型构造复杂,构型钢筋用量大。如图7、8所示,为传统重力式风机基础结构示意图及应力分析示意图,部分区域为红色,应力较为集中,易发生钢筋断裂的风险。

[0045] 传统重力式风机基础的施工方法为:在锚栓笼下放后,首先进行底板钢筋的布设,分别在径向和环向布置设计的钢筋,由于底板的设计荷载较大,所需的径向和环向的钢筋较多,从而导致伸入锚栓笼的钢筋数目较多,且在钢筋的锚固端需要伸出多余的部分进行弯折,从而在锚栓笼内部形成较密集的分布。在底板钢筋配置完成之后,需要对基础顶部的钢筋进行配置,分为径向钢筋和环向钢筋,在这个过程中也有大量的钢筋伸入锚栓笼的内部。在所有钢筋完成配置之后,需要安装混凝土模具、然后进行混凝土的浇筑和养护,最后将传统重力扩展式风机基础通过预埋的锚栓与上部风机塔筒相连接。

[0046] 本发明涉及一种钢骨混凝土预应力风机基础及施工方法,在传统的重力扩展式风机基础上进行优化设计,提出了一种新的钢骨混凝土预应力风机基础结构,同时将现有技术中的多根钢筋改成由型钢构件组成的多条钢骨,该结构可以有效降低混凝土和钢筋用量,因钢骨具有较高的承载力特性,同时钢骨混凝土结构也可以发挥混凝土自身的材料强度,从而代替了大量的钢筋,使风机基础构造简单,钢骨用量少,进而达到降低工程量,缩短施工周期和降低造价的目的。

[0047] 如图1至3、6所示,本发明提供了一种钢骨混凝土预应力风机基础,包括传统风机基础、钢骨结构和预应力体系,所述传统风机基础内部浇筑混凝土,所述钢骨结构布置在传统风机基础上,所述预应力体系布置在传统风机基础内部的混凝土中,用于增强风机基础的承载力。

[0048] 如图1所示,所述传统风机基础包括风机底板1、风机圆台2和风机台柱3:所述风机底板1放置于混凝土的最低侧,所述风机圆台2放置在风机底板1的上方,风机圆台2的上方与风机台柱3相连;所述风机圆台2的高度低于室外地坪,所述风机台柱3的上表面高于室外地坪。

[0049] 如图2至3所示,所述预应力体系包括锚栓5、锚板6、锚杆7、环向预应力钢筋11,所述锚杆7沿竖向穿插于混凝土主体当中,所述锚板6为两块,分别布置在锚杆7的上下两侧,所述锚栓5用于固定锚板6和锚杆7。通过放置在混凝土上下两侧的锚板6和固定于锚板6上的锚栓5对混凝土进行预应力操作。所述环向预应力钢筋11穿过型钢构件4布置在风机圆台2上。所述锚栓5、锚杆7为若干个,在锚板6上均匀分布。

[0050] 预应力体系中预应力的计算公式为:

[0051] $\sigma_{pe}=\sigma_{con}-\sigma_{l}$;

[0052] $$\sigma_{l}=\frac{a}{l}E_{s}+(kx+\mu\theta)\sigma_{con}$$;

[0053] 式中:σ_{pe}是有效预应力应力;σ_{con}是预应力控制值;σ_{l}是预应力损失值;a、kx、μθ查表得到,E_{s}为钢绞线的弹性模量;l为预应力钢绞线长度。

[0054] 如图4所示,所述钢骨结构包括型钢构件4、竖向架立钢筋8、连接套筒9、加劲肋10,所述型钢构件4布置在传统风机基础的外侧,所述竖向架立钢筋8布置在传统风机基础的内侧,位于型钢构件4的下方,所述连接套筒9布置在型钢构件4上,连接套筒9用于连接型钢构件4和竖向架立钢筋8。所述型钢构件4包括水平钢41和两根侧钢42,所述水平钢41布置在传统风机基础的外侧,所述两根侧钢42垂直设置在水平钢41的两侧,所述连接套筒9与一侧的侧钢42连接。所述加劲肋10设置在两根侧钢42之间,与连接套筒9相邻。所述型钢构件4为多个,平行于风机圆台的2的斜坡呈伞状布置,每个型钢构件4中布置有多个竖向架立钢筋8、连接套筒9和加劲肋10。所述连接套筒9的直径大于竖向架立钢筋8的直径。

[0055] 如图5所示,本发明还提供了一种钢骨混凝土预应力风机基础的施工方法,在风机基础周围场地经过整平,土体经过开挖后,可以开始本发明中的钢骨混凝土预应力风机基础的施工,具体步骤如下,

[0056] 第一步:下放锚栓笼,所述的锚栓5、锚板6和锚杆7都在所述的锚栓笼中放置,然后在锚栓笼的四周布设相应的钢筋。然后布设竖向架立钢筋8,竖向架立钢筋8应竖直布设并且满足设计的定位要求。

[0057] 第二步:在竖向架立钢筋8下放完成后,应安装型钢构件4。型钢构件4呈伞状布设在传统风机基础的风机圆台2上,同时要求焊接于型钢构件4上的连接套筒9应在工厂完成。型钢构件4放置在固定完成的竖向架立钢筋8之上,利用起重装置依次放置所需的型钢构件4。

[0058] 第三步:在型钢构件4中装环向预应力钢筋11,环向预应力钢筋11穿过型钢构件4布置在风机圆台2上,环向预应力钢筋11的固定应通过锚具稳定地固定在型钢构型中。

[0059] 第四步:在底板四周进行混凝土模具的安装,以保证后续的混凝土浇筑可以顺利进行,然后进行混凝土的浇筑,得到混凝土基础主体,同时对浇筑好的混凝土基础进行养护。

[0060] 第五步:在混凝土达到设计强度之后,环向预应力钢筋11进行预应力的施加。

[0061] 第六步:所述风机台柱3的上表面高于室外地坪,便于安装风机塔筒。风机台柱3位于基础上方,风机台柱3与风机塔筒通过锚栓5进行连接,锚杆7向下延伸至基础底部,基础的顶部和底部设置有相应的锚板6,对锚栓5施加设计的预应力,使得基础整体与塔筒紧密相连。

[0062] 应该明白,本发明公开的过程中的步骤的特定顺序或层次是示例性方法的实例。基于设计偏好,应该理解,过程中的步骤的特定顺序或层次可以在不脱离本公开的保护范围的情况下得到重新安排。所附的方法权利要求以示例性的顺序给出了各种步骤的要素,并且不是要限于所述的特定顺序或层次。

[0063] 如图6所示,为本发明风机基础的应力分析示意图,图中没有出现红色应力集中区域,因此强度较高。根据有限元计算的结果可知,优化构型与传统构型相比,钢筋的最大压应力仅为原有40%,最大拉应力仅为原有的64%。在施工方面,钢骨结构替代了大量的钢筋,从而使锚栓中的钢筋密度大大降低,从而减小了施工的难度;同时,优化构型的钢材用量约为传统构型的80%。

[0064] 上述描述仅是对本发明较佳实施例的描述,并非是对本发明范围的任何限定。任何熟悉该领域的普通技术人员根据上述揭示的技术内容做出的任何变更或修饰均应当视为等同的有效实施例,均属于本发明技术方案保护的范围。

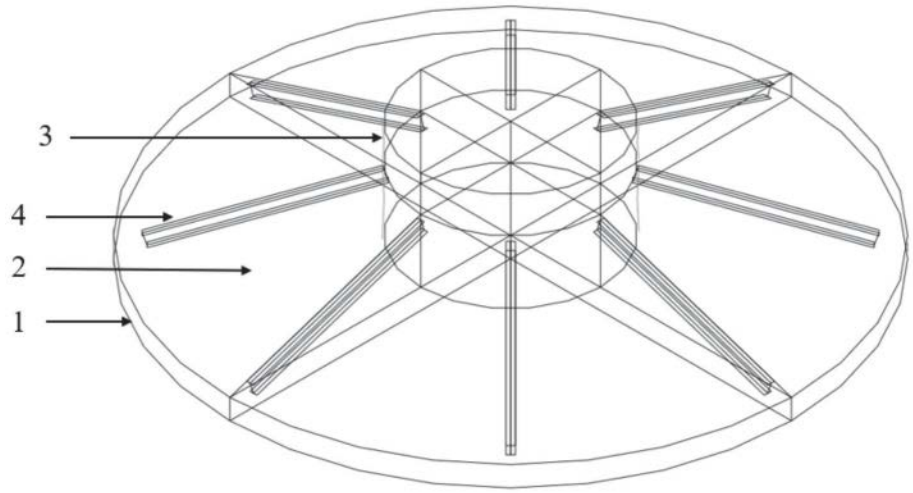


图1

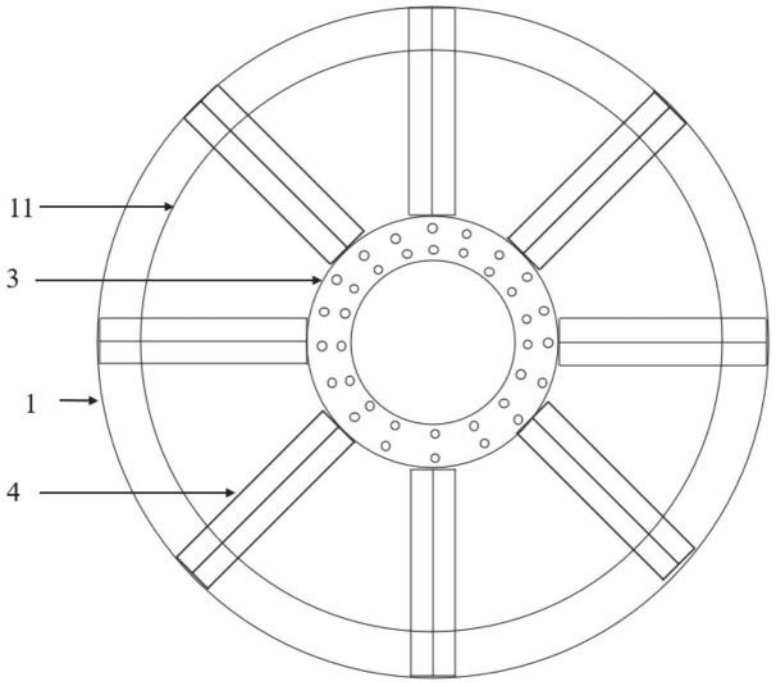


图2

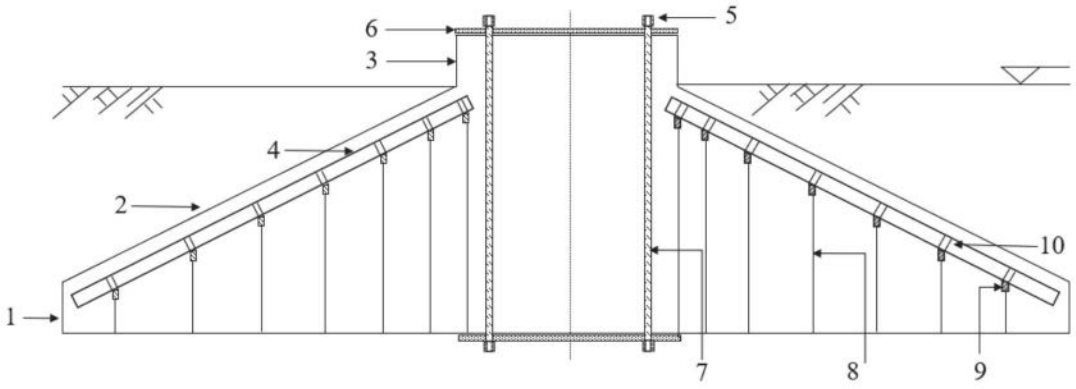


图3

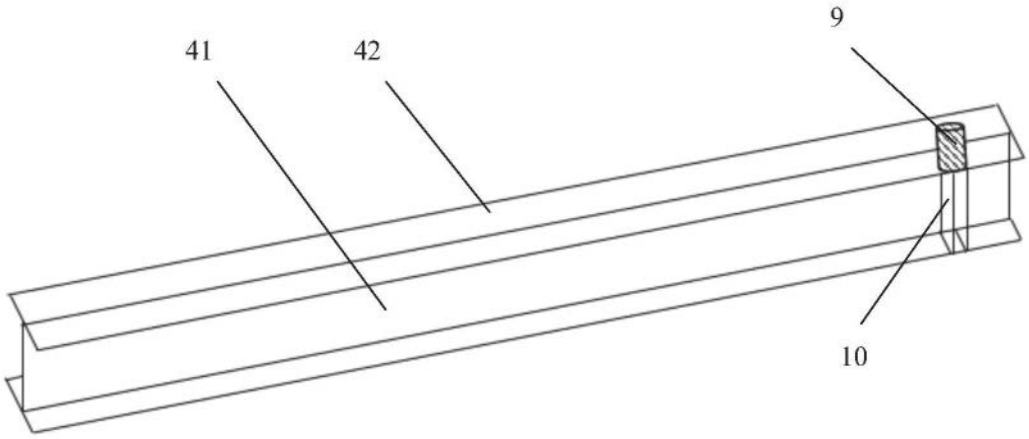


图4

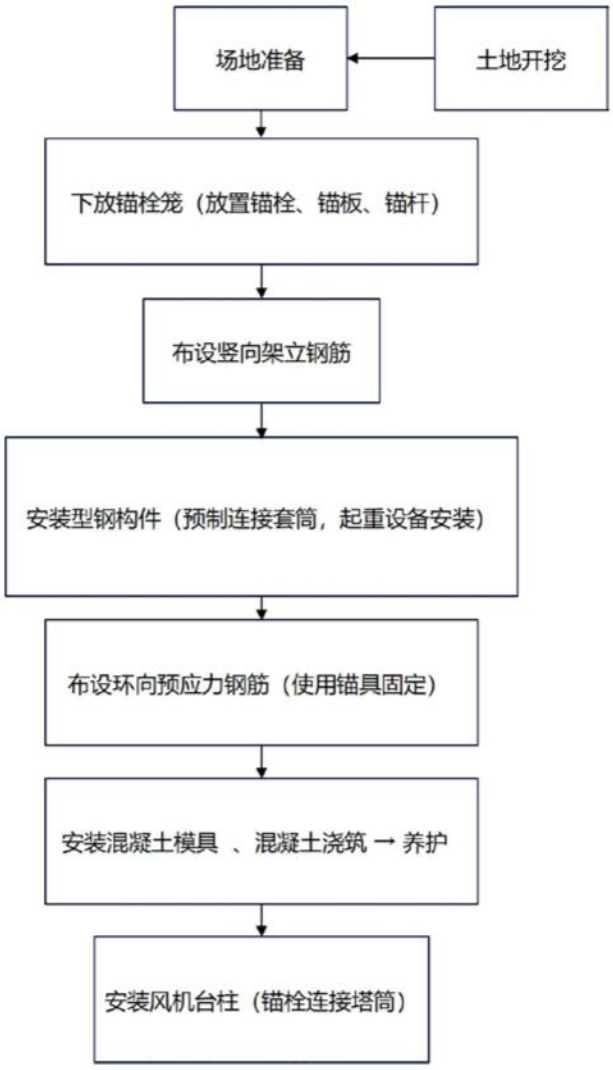

场地准备
土地开挖
下放锚栓笼（放置锚栓、锚板、锚杆）
布设竖向架立钢筋
安装型钢构件（预制连接套筒，起重设备安装）
布设环向预应力钢筋（使用锚具固定）
安装混凝土模具 、混凝土浇筑 → 养护
安装风机台柱（锚栓连接塔筒）

图5

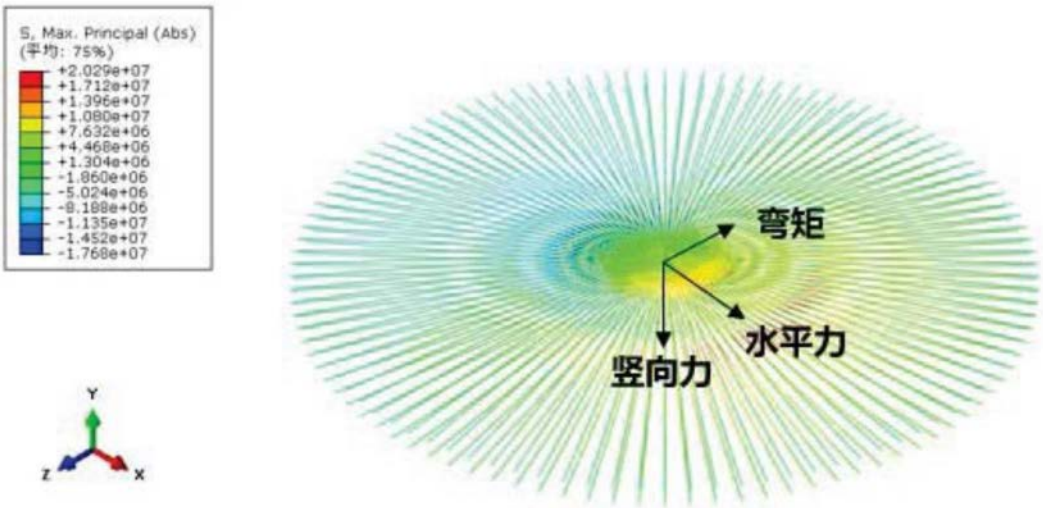

S, Max. Principal (Abs)
(平均: 75%)
+2.029e+07
+1.712e+07
+1.396e+07
+1.080e+07
+7.632e+06
+4.468e+06
+1.304e+06
-1.860e+06
-5.024e+06
-8.188e+06
-1.135e+07
-1.452e+07
-1.768e+07
Y
Z
X
弯矩
水平力
竖向力

图6

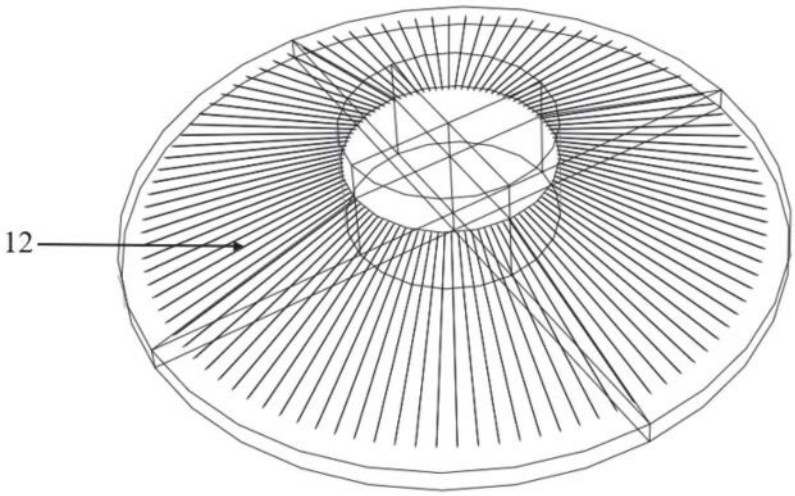

12

图7

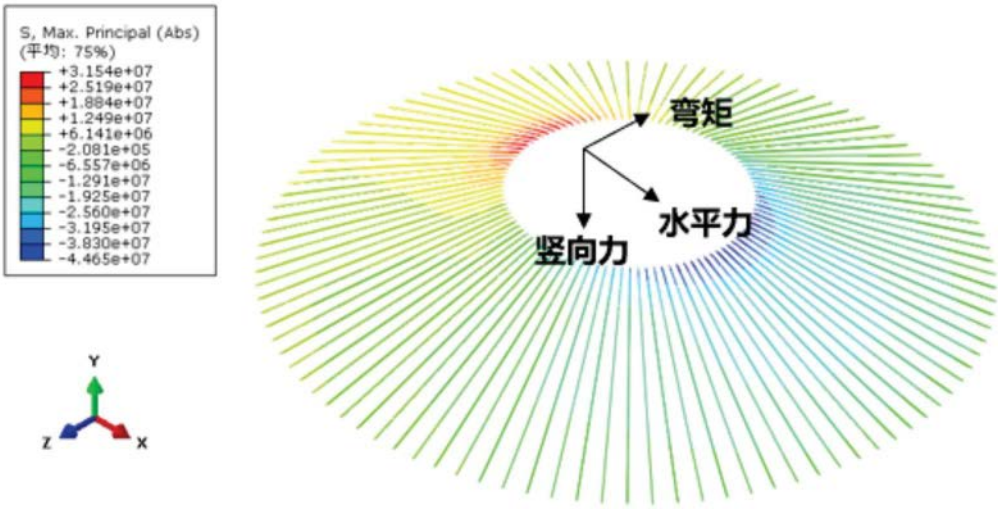

S, Max. Principal (Abs)
(平均: 75%)
+3.154e+07
+2.519e+07
+1.884e+07
+1.249e+07
+6.141e+06
-2.081e+05
-6.557e+06
-1.291e+07
-1.925e+07
-2.560e+07
-3.195e+07
-3.830e+07
-4.465e+07
Y
Z
X
弯矩
水平力
竖向力

图8