(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 215594101 U
(45)授权公告日 2022.01.21

(21)申请号 202120405695.7

(22)申请日 2021.02.24

(73)专利权人 天津大学
地址 300072 天津市南开区卫津路92号

(72)发明人 练继建 翁珮瑶 郭耀华 江琦 王海军 杨旭

(74)专利代理机构 天津市三利专利商标代理有限公司 12107
代理人 徐金生

(51)Int.Cl.
E02D 27/52(2006.01)
E02D 27/42(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

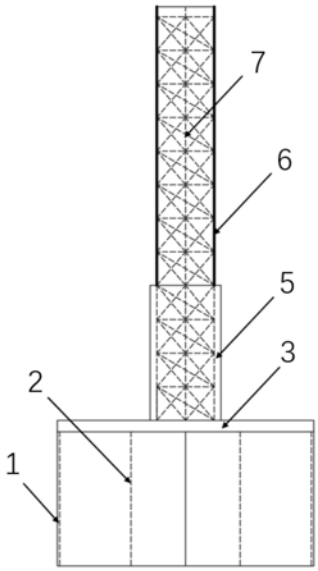
权利要求书3页 说明书11页 附图11页

(54)实用新型名称

一种桁架组合式钢混筒型风电基础

(57)摘要

本实用新型公开了一种桁架组合式钢混筒型风电基础，包括钢包混凝土筒裙；钢包混凝土筒裙的上方浇筑有钢筋混凝土梁系结构；钢筋混凝土梁系结构的顶部中心位置固定连接垂直分布的钢包混凝土直立过渡段；钢包混凝土直立过渡段的顶部与钢制直立过渡段的底部相连；钢包混凝土直立过渡段和钢制直立过渡段为中空的圆柱形结构，内置桁架结构；钢包混凝土直立过渡段的顶端开口；钢制直立过渡段的上下两端分别开口；钢包混凝土筒裙、钢包混凝土直立过渡段、钢制直立过渡段和桁架的中心点，位于同一中心轴线上。本实用新型公开的桁架组合式钢混筒型风电基础，能够满足在深水区进行大兆瓦风力发电机的安装要求，具有较高的抗弯刚度及良好的抗倾覆能力。



CN 215594101 U

1.一种桁架组合式钢混筒型风电基础,其特征在于,包括水平放置的钢包混凝土筒裙(1);

其中,钢包混凝土筒裙(1)的上方,浇筑设置有钢筋混凝土梁系结构(3);

钢筋混凝土梁系结构(3)的顶部中心位置,固定连接有垂直分布的钢包混凝土直立过渡段(5);

钢包混凝土直立过渡段(5)的顶部,与钢制直立过渡段(6)的底部相连接;

其中,钢包混凝土直立过渡段(5)和钢制直立过渡段(6)为中空的圆柱形结构;

钢包混凝土直立过渡段(5)的顶端开口;

钢制直立过渡段(6)的上下两端分别开口;

钢包混凝土直立过渡段(5)的顶部和钢制直立过渡段(6)的底部相连通;

钢包混凝土筒裙(1)、钢包混凝土直立过渡段(5)和钢制直立过渡段(6)的中心点,位于同一中心轴线上。

2.如权利要求1所述的桁架组合式钢混筒型风电基础,其特征在于,钢包混凝土筒裙(1),包括内部中空的、正六棱柱形状的钢包混凝土筒裙主体;

该钢包混凝土筒裙主体,是由混凝土浇筑制成的混凝土主体;

该钢包混凝土筒裙主体的内外两侧表面,均包裹有钢壳;

位于该钢包混凝土筒裙主体顶部的钢壳,与一层水平分布的支撑钢板相焊接。

3.如权利要求2所述的桁架组合式钢混筒型风电基础,其特征在于,钢包混凝土筒裙(1)内部,固定设置有多个筒裙内分舱板(2);

多个筒裙内分舱板(2),用于将钢包混凝土筒裙(1),分为呈蜂窝状的多个中空的舱室;

其中,筒裙内分舱板(2)为钢板,其与钢包混凝土筒裙主体的底部内侧的钢壳相焊接;

对于钢包混凝土筒裙(1),支撑钢板的底面与筒裙内分舱板(2)的顶部相焊接;

其中,支撑钢板的顶部四周边缘,环绕地焊接有一圈向上突起的钢制围挡板;

钢筋混凝土梁系结构(3),浇筑在该钢制围挡板内侧。

4.如权利要求1所述的桁架组合式钢混筒型风电基础,其特征在于,钢包混凝土直立过渡段(5),整体是圆柱形,包括内部中空的钢包混凝土直立过渡段主体;

该钢包混凝土直立过渡段主体,是由混凝土浇筑制成的混凝土主体;

该钢包混凝土直立过渡段主体的四周混凝土侧壁的内外两侧表面,固定包裹有钢壳;

钢制直立过渡段(6)的整体,是圆柱形的钢制结构;

钢制直立过渡段(6)的底部焊接有法兰,钢包混凝土直立过渡段(5)的顶部焊接有法兰;

钢制直立过渡段(6)底部的法兰和钢包混凝土直立过渡段(5)顶部的法兰,通过多根螺栓对应穿过法兰上的通孔固定连接。

5.如权利要求2所述的桁架组合式钢混筒型风电基础,其特征在于,钢筋混凝土梁系结构(3),包括正六棱柱形状的混凝土主体内,该混凝土主体内设置有钢筋结构

钢筋结构,包括多根预应力钢筋以及钢筋网;

支撑钢板的顶部,与钢筋混凝土梁系结构(3)内预埋的钢筋网相焊接。

6.如权利要求1至5中任一项所述的桁架组合式钢混筒型风电基础,其特征在于,钢包混凝土直立过渡段(5)和钢制直立过渡段(6)的内部空腔中,安装有垂直分布的钢制内桁架

(7)；

钢制内桁架(7)的整体，均为钢制结构；

其中，钢制内桁架(7)的下部，与钢包混凝土直立过渡段(5)的四周混凝土侧壁内侧面的钢壳相焊接；

钢制内桁架(7)的中部和上部，与钢制直立过渡段(6)的内侧面相焊接。

7.如权利要求1至5中任一项所述的桁架组合式钢混筒型风电基础，其特征在于，钢包混凝土直立过渡段(5)和钢制直立过渡段(6)的外壁，环绕安装有钢制外桁架(8)；

钢制外桁架(8)的整体，为钢制结构；

钢制外桁架(8)的中心点，与钢包混凝土直立过渡段(5)和钢制直立过渡段(6)的中心点，位于同一中心轴线上；

其中，钢制外桁架(8)的上部，与钢制直立过渡段(6)的下部外壁相焊接；

钢制外桁架(8)的中部和下部，与钢包混凝土直立过渡段(5)的四周混凝土侧壁外侧面的钢壳相焊接；

钢制外桁架(8)的底部，与钢筋混凝土梁系结构(3)的混凝土主体内设置的钢筋结构相焊接。

8.如权利要求1至5中任一项所述的桁架组合式钢混筒型风电基础，其特征在于，钢包混凝土直立过渡段(5)和钢制直立过渡段(6)的内部空腔中，安装有垂直分布的钢制内桁架(7)；

钢包混凝土直立过渡段(5)和钢制直立过渡段(6)的外壁，环绕安装有钢制外桁架(8)；

钢制内桁架(7)和钢制外桁架(8)的整体，均为钢制结构；

钢制外桁架(8)的中心点，与钢包混凝土直立过渡段(5)和钢制直立过渡段(6)的中心点，位于同一中心轴线上；

钢制外桁架(8)的底部，与钢筋混凝土梁系结构(3)的混凝土主体内设置的钢筋结构相焊接。

9.如权利要求1至5中任一项所述的桁架组合式钢混筒型风电基础，其特征在于，钢包混凝土直立过渡段(5)和钢制直立过渡段(6)的内部空腔中，安装有垂直分布的钢制内桁架(7)；

钢制内桁架(7)的整体，均为钢制结构；

钢包混凝土直立过渡段(5)上部外侧面的钢壳，分别等间距地与多根钢包混凝土斜支撑梁(4)的顶端相焊接；

钢包混凝土斜支撑梁(4)，包括中空的钢管，钢管里面浇筑有混凝土，混凝土填满钢管内部空腔；

钢包混凝土斜支撑梁(4)的底端，分别等间距地与钢筋混凝土梁系结构(3)的混凝土主体内设置的钢筋结构相焊接；

钢包混凝土斜支撑梁(4)倾斜设置，并且其具有的中部主体部分与水平面的夹角为30°～75°。

10.如权利要求1至5中任一项所述的桁架组合式钢混筒型风电基础，其特征在于，钢包混凝土直立过渡段(5)和钢制直立过渡段(6)的内部空腔中，安装有垂直分布的钢制内桁架(7)；

钢包混凝土直立过渡段(5)和钢制直立过渡段(6)的外壁,环绕安装有钢制外桁架(8);

钢制内桁架(7)和钢制外桁架(8)的整体,均为钢制结构;

钢制外桁架(8)的中心点,与钢包混凝土直立过渡段(5)和钢制直立过渡段(6)的中心点,位于同一中心轴线上;

其中,钢包混凝土直立过渡段(5)上部外侧面的钢壳,分别等间距地与多根钢包混凝土斜支撑梁(4)的顶端相焊接;

钢包混凝土斜支撑梁(4),包括中空的钢管,钢管里面浇筑有混凝土,混凝土填满钢管内部空腔;

钢包混凝土斜支撑梁(4)的底端,分别等间距地与钢筋混凝土梁系结构(3)的混凝土主体内设置的钢筋结构相焊接。

一种桁架组合式钢混筒型风电基础

技术领域

[0001] 本实用新型涉及海上风电基础结构技术领域，特别是涉及一种桁架组合式钢混筒型风电基础。

背景技术

[0002] 风能是取之不尽、用之不竭的可再生清洁能源。与传统化石燃料相比，风能使用清洁，成本较低，具有开发范围广、安全、能源永不耗竭等优势。相比于陆上风电，海上风电具有风速大、湍流度低、不占耕地等优势。

[0003] 现代的风力发电机组，主要包括风电基础和设置在风电基础上部的塔筒及顶部的风力发电机，而保证风力发电机组安全和正常运行的关键在于：支撑风力发电机的风电基础。风电基础，通常包括塔筒以下用于支撑塔筒及风力发电机的基础结构；

[0004] 目前，我国的海上风电基础，多采用桩基础或复合桩基础，设计简单，安装工艺成熟，但是，受横向荷载(风、浪、流)的水平形变较大。

[0005] 随着国家对海上风电的大力支持，我国海上风电发展驶入快车道。目前，近海区风能资源开发已趋于饱和。为实现更高的产出，未来海上风电必将向深水、大容量发展。在深水区(例如水深超过40m)进行大兆瓦(例如装机容量大于8MW)风力发电机的安装条件时，要求海上风电基础具有较大的承载力，且对结构的荷载传递方式提出更高要求。

[0006] 但是，对于传统的海上风电基础，其无法满足在深水区(例如水深超过40m)进行大兆瓦(例如装机容量大于8MW)风力发电机的安装要求，在深水区(例如水深超过40m)和大兆瓦(例如装机容量大于8MW)风力发电机的安装条件下，存在抗弯刚度不够、抗倾覆能力不足等问题。

[0007] 因此，目前迫切需要开发出一种技术方案，可以解决以上问题。

实用新型内容

[0008] 本实用新型的目的是针对现有技术存在的技术缺陷，提供桁架组合式钢混筒型风电基础。

[0009] 为此，本实用新型提供了一种桁架组合式钢混筒型风电基础，其包括水平放置的钢包混凝土筒裙；

[0010] 其中，钢包混凝土筒裙的上方，浇筑设置有钢筋混凝土梁系结构；

[0011] 钢筋混凝土梁系结构的顶部中心位置，固定连接有垂直分布的钢包混凝土直立过渡段；

[0012] 钢包混凝土直立过渡段的顶部，与钢制直立过渡段的底部相连接；

[0013] 其中，钢包混凝土直立过渡段和钢制直立过渡段为中空的圆柱形结构；

[0014] 钢包混凝土直立过渡段的顶端开口；

[0015] 钢制直立过渡段的上下两端分别开口；

[0016] 钢包混凝土直立过渡段的顶部和钢制直立过渡段的底部相连通；

[0017] 钢包混凝土筒裙、钢包混凝土直立过渡段和钢制直立过渡段的中心点，位于同一中心轴线上。

[0018] 优选地，钢包混凝土筒裙，包括内部中空的、正六棱柱形状的钢包混凝土筒裙主体；

[0019] 该钢包混凝土筒裙主体，是由混凝土浇筑制成的混凝土主体；

[0020] 该钢包混凝土筒裙主体的内外两侧表面，均包裹有钢壳；

[0021] 位于该钢包混凝土筒裙主体顶部的钢壳，与一层水平分布的支撑钢板相焊接。

[0022] 优选地，钢包混凝土筒裙内部，固定设置有多个筒裙内分舱板；

[0023] 多个筒裙内分舱板，用于将钢包混凝土筒裙，分为呈蜂窝状的多个中空的舱室；

[0024] 其中，筒裙内分舱板为钢板，其与钢包混凝土筒裙主体的底部内侧的钢壳相焊接；

[0025] 对于钢包混凝土筒裙，支撑钢板的底面与筒裙内分舱板的顶部相焊接；

[0026] 其中，支撑钢板的顶部四周边缘，环绕地焊接有一圈向上突起的钢制围挡板；

[0027] 钢筋混凝土梁系结构，浇筑在该钢制围挡板内侧。

[0028] 优选地，钢包混凝土直立过渡段，整体是圆柱形，包括内部中空的钢包混凝土直立过渡段主体；

[0029] 该钢包混凝土直立过渡段主体，是由混凝土浇筑制成的混凝土主体；

[0030] 该钢包混凝土直立过渡段主体的四周混凝土侧壁的内外两侧表面，固定包裹有钢壳；

[0031] 钢制直立过渡段的整体，是圆柱形的钢制结构；

[0032] 钢制直立过渡段的底部焊接有法兰，钢包混凝土直立过渡段的顶部焊接有法兰；

[0033] 钢制直立过渡段底部的法兰和钢包混凝土直立过渡段顶部的法兰，通过多根螺栓对应穿过法兰上的通孔固定连接。

[0034] 优选地，钢筋混凝土梁系结构，包括正六棱柱形状的混凝土主体内，该混凝土主体内设置有钢筋结构；

[0035] 钢筋结构，包括多根预应力钢筋以及钢筋网；

[0036] 支撑钢板的顶部，与钢筋混凝土梁系结构内预埋的钢筋网相焊接。

[0037] 优选地，钢包混凝土直立过渡段和钢制直立过渡段的内部空腔中，安装有垂直分布的钢制内桁架；

[0038] 钢制内桁架的整体，均为钢制结构；

[0039] 其中，钢制内桁架的下部，与钢包混凝土直立过渡段的四周混凝土侧壁内侧面的钢壳相焊接；

[0040] 钢制内桁架的中部和上部，与钢制直立过渡段的内侧面相焊接。

[0041] 优选地，钢包混凝土直立过渡段和钢制直立过渡段的外壁，环绕安装有钢制外桁架；

[0042] 钢制外桁架的整体，为钢制结构；

[0043] 钢制外桁架的中心点，与钢包混凝土直立过渡段和钢制直立过渡段的中心点，位于同一中心轴线上；

[0044] 其中，钢制外桁架的上部，与钢制直立过渡段的下部外壁相焊接；

[0045] 钢制外桁架的中部和下部，与钢包混凝土直立过渡段的四周混凝土侧壁外侧面的

钢壳相焊接；

[0046] 钢制外桁架的底部，与钢筋混凝土梁系结构的混凝土主体内设置的钢筋结构相焊接。

[0047] 优选地，钢包混凝土直立过渡段和钢制直立过渡段的内部空腔中，安装有垂直分布的钢制内桁架；

[0048] 钢包混凝土直立过渡段和钢制直立过渡段的外壁，环绕安装有钢制外桁架；

[0049] 钢制内桁架和钢制外桁架的整体，均为钢制结构；

[0050] 钢制外桁架的中心点，与钢包混凝土直立过渡段和钢制直立过渡段的中心点，位于同一中心轴线上；

[0051] 钢制外桁架的底部，与钢筋混凝土梁系结构的混凝土主体内设置的钢筋结构相焊接。

[0052] 优选地，钢包混凝土直立过渡段和钢制直立过渡段的内部空腔中，安装有垂直分布的钢制内桁架；

[0053] 钢制内桁架的整体，均为钢制结构；

[0054] 钢包混凝土直立过渡段上部外侧面的钢壳，分别等间距地与多根钢包混凝土斜支撑梁的顶端相焊接；

[0055] 钢包混凝土斜支撑梁，包括中空的钢管，钢管里面浇筑有混凝土，混凝土填满钢管内部空腔；

[0056] 钢包混凝土斜支撑梁的底端，分别等间距地与钢筋混凝土梁系结构的混凝土主体内设置的钢筋结构相焊接；

[0057] 钢包混凝土斜支撑梁倾斜设置，并且其具有的中部主体部分与水平面的夹角为30°～75°。

[0058] 优选地，钢包混凝土直立过渡段和钢制直立过渡段的内部空腔中，安装有垂直分布的钢制内桁架；

[0059] 钢包混凝土直立过渡段和钢制直立过渡段的外壁，环绕安装有钢制外桁架；

[0060] 钢制内桁架和钢制外桁架的整体，均为钢制结构；

[0061] 钢制外桁架的中心点，与钢包混凝土直立过渡段和钢制直立过渡段的中心点，位于同一中心轴线上；

[0062] 其中，钢包混凝土直立过渡段上部外侧面的钢壳，分别等间距地与多根钢包混凝土斜支撑梁的顶端相焊接；

[0063] 钢包混凝土斜支撑梁，包括中空的钢管，钢管里面浇筑有混凝土，混凝土填满钢管内部空腔；

[0064] 钢包混凝土斜支撑梁的底端，分别等间距地与钢筋混凝土梁系结构的混凝土主体内设置的钢筋结构相焊接。

[0065] 由以上本实用新型提供的技术方案可见，与现有技术相比较，本实用新型提供了一种桁架组合式钢混筒型风电基础，设计科学，具有较高的抗弯刚度以及良好的抗倾覆能力，能够更好地满足深水大容量风力发电机的安装需求，具有重大的实践意义。

[0066] 经过检验，通过应用本实用新型，可以满足在深水区(例如水深超过40m)进行大兆瓦(例如装机容量大于8MW)风力发电机的安装需求。

附图说明

[0067] 图1a至图1b，分别为本实用新型提供的一种桁架组合式钢混筒型风电基础，在实施例一，安装有钢制内桁架时的正视图、俯视结构示意图；

[0068] 图2a至图2b，分别为本实用新型提供的一种桁架组合式钢混筒型风电基础，在实施例二，安装有钢制外桁架时的正视图、俯视结构示意图；

[0069] 图3a至图3b，分别为本实用新型提供的一种桁架组合式钢混筒型风电基础，在实施例三，安装有钢制外桁架和钢制内桁架时的正视图、俯视结构示意图；

[0070] 图4a至图4b，分别为本实用新型提供的一种桁架组合式钢混筒型风电基础，在实施例四，安装有钢制内桁架和钢包混凝土斜支撑梁时的正视图、俯视结构示意图；

[0071] 图5a至图5b，分别为本实用新型提供的一种桁架组合式钢混筒型风电基础，在实施例五，安装有钢制内桁架、钢制外桁架和钢包混凝土斜支撑梁时的正视图、俯视结构示意图；

[0072] 图6为本实用新型提供的一种桁架组合式钢混筒型风电基础中，钢包混凝土筒裙内的分舱示意图，筒裙内分舱板将钢包混凝土筒裙，分为呈蜂窝状的七个舱室；

[0073] 图中：1、钢包混凝土筒裙；2、筒裙内分舱板；3、钢筋混凝土梁系结构；4、钢包混凝土斜支撑梁；5、钢包混凝土直立过渡段；

[0074] 6、钢制直立过渡段；7、钢制内桁架；8、钢制外桁架。

具体实施方式

[0075] 为使本实用新型实现的技术手段更容易理解，下面结合附图和实施例对本申请作进一步的详细说明。可以理解的是，此处所描述的具体实施例仅仅用于解释相关申请，而非对该申请的限定。另外还需要说明的是，为了便于描述，附图中仅示出了与本申请相关的部分。

[0076] 需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本申请。

[0077] 需要说明的是，在本申请的描述中，术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方向或位置关系的术语是基于附图所示的方向或位置关系，这仅仅是为了便于描述，而不是指示或暗示所述装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本申请的限制。

[0078] 此外，还需要说明的是，在本申请的描述中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”等应做广义理解，例如，可以是固定安装，也可以是可拆卸安装。

[0079] 对于本领域技术人员而言，可根据具体情况理解上述术语在本申请中的具体含义。

[0080] 参见图1a至图6，本实用新型提供了一种桁架组合式钢混筒型风电基础，包括水平放置的钢包混凝土筒裙1；

[0081] 其中，钢包混凝土筒裙1的上方，浇筑设置有钢筋混凝土梁系结构3；

[0082] 钢筋混凝土梁系结构3的顶部中心位置，固定连接有垂直分布的钢包混凝土直立过渡段5；

[0083] 钢包混凝土直立过渡段5的顶部，与钢制直立过渡段6的底部相连接；

[0084] 其中，钢包混凝土直立过渡段5和钢制直立过渡段6为中空的圆柱形结构；

[0085] 钢包混凝土直立过渡段5的顶端开口；

[0086] 钢制直立过渡段6的上下两端分别开口；

[0087] 钢包混凝土直立过渡段5的顶部和钢制直立过渡段6的底部相连通；

[0088] 钢包混凝土筒裙1、钢包混凝土直立过渡段5和钢制直立过渡段6的中心点，位于同一中心轴线上。

[0089] 需要说明的是，在本实用新型中，钢包混凝土筒裙1，作为风电基础的筒基部分，用于支撑塔筒；钢包混凝土直立过渡段5和钢制直立过渡段6一起，作为风电基础的塔筒部分。

[0090] 在本实用新型中，具体实现上，钢包混凝土筒裙1的横截面形状为正六边形。

[0091] 在本实用新型中，具体实现上，钢包混凝土筒裙1，包括内部中空的、正六棱柱形状的钢包混凝土筒裙主体；

[0092] 该钢包混凝土筒裙主体，是由混凝土浇筑制成的混凝土主体；

[0093] 该钢包混凝土筒裙主体的内外两侧表面，均包裹有钢壳(即进行了包钢处理)，也就是说，暴露在外的部分都包钢，具体包括：该钢包混凝土筒裙主体的四周混凝土侧壁(即混凝土边壁)的内外两侧表面以及底板的内外两侧表面，固定包裹有钢壳(即进行了包钢处理)；

[0094] 位于该钢包混凝土筒裙主体顶部的钢壳，与一层水平分布的支撑钢板相焊接。

[0095] 需要说明的是，对混凝土进行包钢处理的方法，为现有公知的方法，在此不再赘述。

[0096] 需要说明的是，具体实现上，钢包混凝土筒裙1的高度范围为16～24m；

[0097] 钢包混凝土筒裙主体中的混凝土壁厚为0.3～0.4m，钢壳的厚度为5～10mm。

[0098] 在本实用新型中，具体实现上，钢包混凝土筒裙1内部，固定设置有多个筒裙内分舱板2；

[0099] 需要说明的是，多个筒裙内分舱板2，用于将作为筒基的钢包混凝土筒裙1，分为呈蜂窝状的多个中空的(例如7个)舱室；

[0100] 参见图1b以及图6所示，多个舱室，具体包括：横截面形状为正六边形的中心舱室21，以及在中心舱室21四周分布的六个横截面积相等的环绕舱室22。

[0101] 具体实现上，筒裙内分舱板2为钢板，其与钢包混凝土筒裙主体的底部内侧的钢壳相焊接，其中，靠近钢包混凝土筒裙1四周侧壁的筒裙内分舱板2，其外侧端还与钢包混凝土筒裙主体四周侧壁上的钢壳相焊接。

[0102] 在本实用新型中，钢包混凝土筒裙1与筒裙内分舱板2之间为焊接连接，筒裙内分舱板2将钢包混凝土筒裙主体的内部空间，分为多个舱室，参见图1b和图6所示，具体包括7个舱室，12个分舱板。之所以将钢包混凝土筒裙主体的内部空间分为多个舱室，主要是为了在运输期期间，提高风电基础的浮稳性，便于让本实用新型的风电基础进行整机拖航，即通过浮运船，来整体拖航本实用新型的风电基础(除了钢制内桁架7)到目标海域。

[0103] 在本实用新型中，具体实现上，对于钢包混凝土筒裙1，支撑钢板的底面，与筒裙内分舱板2的顶部相焊接。

[0104] 具体实现上，支撑钢板的顶部四周边缘，环绕地焊接有一圈向上突起的钢制围挡板；

[0105] 钢筋混凝土梁系结构3,浇筑在该钢制围挡板内侧。

[0106] 在本实用新型中,具体实现上,钢包混凝土直立过渡段5,整体是圆柱形,包括内部中空的钢包混凝土直立过渡段主体;

[0107] 该钢包混凝土直立过渡段主体,是由混凝土浇筑制成的混凝土主体(即四周侧壁是混凝土侧壁);

[0108] 该钢包混凝土直立过渡段主体的四周混凝土侧壁(即混凝土边壁)的内外两侧表面,固定包裹有钢壳(即进行了包钢处理)。

[0109] 具体实现上,钢包混凝土直立过渡段5的高度范围为15～22m;

[0110] 钢包混凝土直立过渡段主体中的混凝土厚度范围为0.5～1.5m;

[0111] 钢包混凝土直立过渡段主体中钢壳的厚度为8～15mm。

[0112] 具体实现上,钢包混凝土直立过渡段5的四周混凝土侧壁内,从上到下设置有(预埋)多根圆形的预应力钢绞线。

[0113] 具体实现上,对于本实用新型,钢筋混凝土梁系结构3的顶部与钢包混凝土直立过渡段5的底部相焊接,具体为:钢筋混凝土梁系结构3上预埋法兰,然后通过法兰,与钢包混凝土直立过渡段5底部的钢壳相焊接。需要说明的是,钢筋混凝土梁系结构3通过预埋法兰的方式与钢包混凝土直立过渡段相连接,是现有领域的常规的安装方式。

[0114] 在本实用新型中,具体实现上,钢制直立过渡段6的整体,是圆柱形的钢制结构。

[0115] 在本实用新型中,具体实现上,钢制直立过渡段6的底部焊接有法兰,钢包混凝土直立过渡段5的顶部焊接有法兰;

[0116] 钢制直立过渡段6底部的法兰和钢包混凝土直立过渡段5顶部的法兰,通过多根螺栓对应穿过法兰上的通孔固定连接。

[0117] 具体实现上,法兰的直径为6～9m,厚度为50～100mm。

[0118] 在本实用新型中,钢筋混凝土梁系结构3,包括正六棱柱形状的混凝土主体内,该混凝土主体内设置有钢筋结构。

[0119] 在本实用新型中,钢筋混凝土梁系结构3的混凝土主体内设置的钢筋结构,包括多根预应力钢筋以及钢筋网。

[0120] 在本实用新型中,具体实现上,支撑钢板的顶部,与钢筋混凝土梁系结构3内预埋的钢筋网相焊接。

[0121] 需要说明的是,具体实现上,钢筋混凝土梁系结构3,是正六棱柱形状结构,其混凝土主体(正六棱柱形状)内包括上下两层预应力钢筋,每层预应力钢筋可以包括三根预应力钢筋,每根预应力钢筋,分别位于钢筋混凝土梁系结构3的一条对角线上,当然,根据需要,还可以在其他位置设置任意多根预应力钢筋。预应力钢筋(钢绞线)起到的作用是使钢筋混凝土梁系结构3的抗弯能力和承载能力更强。

[0122] 当然,需要说明的是,钢筋混凝土梁系结构3的混凝土主体(正六边形结构)内,还具有由多根普通的钢筋固定连接组成的钢筋网,用于约束混凝土使用。钢筋网,是钢筋纵横按照一定的间距捆绑起来,形成具有一定受力形态的类似网状的钢筋框架,这样的诸多钢筋绑扎在一起形成的框架,俗称钢筋网。钢筋网为钢筋混凝土中常见的钢筋网结构,在此不再赘述。

[0123] 在本实用新型中,对于本实用新型提供的桁架组合式钢混筒型风电基础,还可以

根据环境、荷载条件，选择搭配钢包混凝土斜支撑4、钢制内桁架7和钢制外桁架8等三种结构的至少一种结构。

[0124] 实施例一。

[0125] 图1a至图1b，分别为本实用新型提供的一种桁架组合式钢混筒型风电基础，在实施例一，安装有钢制内桁架时的透视图、正视图、俯视结构示意图。

[0126] 参见图1a至图1b所示，在本实用新型中，具体实现上，钢包混凝土直立过渡段5和钢制直立过渡段6的内部空腔中，安装有垂直分布的钢制内桁架7；

[0127] 钢制内桁架7的整体，均为钢制结构。

[0128] 具体实现上，钢制内桁架7的下部，与钢包混凝土直立过渡段5的四周混凝土侧壁(即混凝土边壁)内侧面的钢壳相焊接；

[0129] 钢制内桁架7的中部和上部，与钢制直立过渡段6的内侧面相焊接。

[0130] 具体实现上，钢制内桁架7，可以布置2～20层，每层高3～6m。

[0131] 实施例二。

[0132] 图2a至图2b，分别为本实用新型提供的一种桁架组合式钢混筒型风电基础，在实施例二，安装有钢制外桁架时的透视图、正视图、俯视结构示意图；

[0133] 参见图2a至图2b所示，在本实用新型中，具体实现上，钢包混凝土直立过渡段5和钢制直立过渡段6的外壁，环绕安装有钢制外桁架8；

[0134] 钢制外桁架8的整体，为钢制结构；

[0135] 钢制外桁架8的中心点，与钢包混凝土直立过渡段5和钢制直立过渡段6的中心点，位于同一中心轴线上。

[0136] 具体实现上，钢制外桁架8的上部，与钢制直立过渡段6的下部外壁相焊接；

[0137] 钢制外桁架8的中部和下部，与钢包混凝土直立过渡段5的四周混凝土侧壁(即混凝土边壁)外侧面的钢壳相焊接。

[0138] 具体实现上，钢制外桁架8的底部，与钢筋混凝土梁系结构3的混凝土主体内设置的钢筋结构相焊接。

[0139] 具体实现上，钢制外桁架8，可以布置2～6层，每层高3～6m。

[0140] 实施例三。

[0141] 图3a至图3b，分别为本实用新型提供的一种桁架组合式钢混筒型风电基础，在实施例三，安装有钢制外桁架和钢制内桁架时的透视图、正视图、俯视结构示意图；

[0142] 参见图3a至图3b所示，在本实用新型中，钢包混凝土直立过渡段5和钢制直立过渡段6的内部空腔中，安装有垂直分布的钢制内桁架7；

[0143] 钢包混凝土直立过渡段5和钢制直立过渡段6的外壁，环绕安装有钢制外桁架8；

[0144] 钢制内桁架7和钢制外桁架8的整体，均为钢制结构；

[0145] 钢制外桁架8的中心点，与钢包混凝土直立过渡段5和钢制直立过渡段6的中心点，位于同一中心轴线上。

[0146] 具体实现上，钢制内桁架7的下部，与钢包混凝土直立过渡段5的四周混凝土侧壁(即混凝土边壁)内侧面的钢壳相焊接；

[0147] 钢制内桁架7的中部和上部，与钢制直立过渡段6的内侧面相焊接。

[0148] 具体实现上，钢制外桁架8的上部，与钢制直立过渡段6的下部外壁相焊接；

[0149] 钢制外桁架8的中部和下部，与钢包混凝土直立过渡段5的四周混凝土侧壁(即混凝土边壁)外侧面的钢壳相焊接。

[0150] 具体实现上，钢制内桁架7，可以布置2～20层，每层高3～6m。

[0151] 具体实现上，钢制外桁架8的底部，与钢筋混凝土梁系结构3的混凝土主体内设置的钢筋结构相焊接。

[0152] 具体实现上，钢制外桁架8，可以布置2～6层，每层高3～6m。

[0153] 实施例四。

[0154] 图4a至图4b，分别为本实用新型提供的一种桁架组合式钢混筒型风电基础，在实施例四，安装有钢制内桁架和钢包混凝土斜支撑梁时的透视图、正视图、俯视结构示意图；

[0155] 参见图4a至图4b所示，在本实用新型中，钢包混凝土直立过渡段5和钢制直立过渡段6的内部空腔中，安装有垂直分布的钢制内桁架7；

[0156] 钢制内桁架7的整体，均为钢制结构；

[0157] 钢包混凝土直立过渡段5上部外侧面的钢壳，分别等间距地与多根(例如3至12根)钢包混凝土斜支撑梁4的顶端相焊接；

[0158] 钢包混凝土斜支撑梁4的底端，分别等间距地与钢包混凝土筒裙1顶部(优选为棱角处顶部)的钢筋混凝土梁系结构3的混凝土主体内设置的钢筋结构相焊接。

[0159] 具体实现上，钢包混凝土斜支撑梁4倾斜设置，并且其具有的中部主体部分与水平面的夹角为30°～75°。

[0160] 具体实现上，钢制内桁架7的下部，与钢包混凝土直立过渡段5的四周混凝土侧壁(即混凝土边壁)内侧面的钢壳相焊接；

[0161] 钢制内桁架7的中部和上部，与钢制直立过渡段6的内侧面相焊接。

[0162] 具体实现上，钢制内桁架7，可以布置2～15层，每层高3～6m。

[0163] 实施例五。

[0164] 图5a至图5b，分别为本实用新型提供的一种桁架组合式钢混筒型风电基础，在实施例五，安装有钢制内桁架、钢制外桁架和钢包混凝土斜支撑梁时的透视图、正视图、俯视结构示意图；

[0165] 参见图5a至图5b所示，在本实用新型中，钢包混凝土直立过渡段5和钢制直立过渡段6的内部空腔中，安装有垂直分布的钢制内桁架7；

[0166] 钢包混凝土直立过渡段5和钢制直立过渡段6的外壁，环绕安装有钢制外桁架8；

[0167] 钢制内桁架7和钢制外桁架8的整体，均为钢制结构；

[0168] 钢制外桁架8的中心点，与钢包混凝土直立过渡段5和钢制直立过渡段6的中心点，位于同一中心轴线上；

[0169] 其中，钢包混凝土直立过渡段5上部外侧面的钢壳，分别等间距地与多根(例如3至12根)钢包混凝土斜支撑梁4的顶端相焊接；

[0170] 需要说明的是，钢包混凝土斜支撑梁4，包括中空的钢管(例如方形钢管)，钢管里面浇筑有混凝土，混凝土填满钢管内部空腔。

[0171] 钢包混凝土斜支撑梁4的底端，分别等间距地与钢筋混凝土梁系结构3的混凝土主体内设置的钢筋结构相焊接。

[0172] 具体实现上，钢包混凝土斜支撑梁4倾斜设置，并且其中部主体部分与水平面的夹

角为30°～75°。

[0173] 具体实现上，钢制内桁架7的下部，与钢包混凝土直立过渡段5的四周混凝土侧壁(即混凝土边壁)内侧面的钢壳相焊接；

[0174] 钢制内桁架7的中部和上部，与钢制直立过渡段6的内侧面相焊接。

[0175] 具体实现上，钢制外桁架8的上部，与钢制直立过渡段6的下部外壁相焊接；

[0176] 钢制外桁架8的中部和下部，与钢包混凝土直立过渡段5的四周混凝土侧壁(即混凝土边壁)外侧面的钢壳相焊接。

[0177] 具体实现上，钢制内桁架7，可以布置2～15层，每层高3～6m。

[0178] 具体实现上，钢制外桁架8的底部，与钢筋混凝土梁系结构3的混凝土主体内设置的钢筋结构相连接。

[0179] 具体实现上，钢制外桁架8，可以布置2～6层，每层高3～6m。

[0180] 在实施例五中，钢包混凝土筒裙1的高度，可以为20m；钢包混凝土筒裙主体中的混凝土壁厚为0.35m，钢壳的厚度为8mm。

[0181] 在实施例五中，钢混内支撑桁架组合式筒型基础中，作为筒基的正六边形的钢包混凝土筒裙1，其对边直径为38m。

[0182] 在实施例五中，钢包混凝土直立过渡段5的高度范围为20m；

[0183] 钢包混凝土直立过渡段主体中的混凝土厚度范围为1m；

[0184] 钢包混凝土直立过渡段主体中钢壳的厚度为15mm。

[0185] 在实施例五中，钢包混凝土斜支撑梁4的中部主体部分与水平面的夹角为55°。

[0186] 在实施例五中，钢包混凝土直立过渡段5的高度可以为20m，钢制直立过渡段6的高度可以为40m。

[0187] 在实施例五中，对于钢制直立过渡段6底部的法兰和钢包混凝土直立过渡段5顶部的法兰，法兰的直径为8.5m，厚度为80mm。

[0188] 在实施例五中，钢制内桁架7，可以布置6层，每层高6m，总高度36m。钢制外桁架8，可以布置5层，每层高5m。

[0189] 为了建设上述本实用新型提供的桁架组合式钢混筒型风电基础，本实用新型还提供了桁架组合式钢混筒型风电基础的施工方法，具体包括以下步骤：

[0190] 第一步，利用浮运船将六边形筒形基础(除钢制内桁架7外的桁架组合式钢混筒型风电基础)整体，拖航至需要安装风力发电机的目标海域；

[0191] 其中，六边形筒形基础，包括完成安装的钢包混凝土筒裙1、筒裙内分舱板2、钢筋混凝土梁系结构3、钢包混凝土斜支撑梁4、钢包混凝土直立过渡段5、钢制直立过渡段6以及钢制外桁架8；

[0192] 第二步，在需要安装风力发电机的目标海域，采用负压下沉方法，使六边形筒形基础沉放到海底，其中，六边形筒形基础的整体高度，高于目标海域的水深；

[0193] 在本实用新型中，支撑钢板上预留有抽气孔，钢筋混凝土梁系结构3上也预留有抽气孔，两者的抽气孔上下连通；钢筋混凝土梁系结构3的抽气孔顶部，位于钢包混凝土直立过渡段5的内腔底部。

[0194] 需要说明的是，负压下沉方法，是指通过泵将筒裙内分舱板2分隔成的多个舱室内，具有的未进入土体空间内的空气和水抽出，在该空间内形成低于外界气压的负压空间，

内外压差形成驱动力，从而使基础下沉，减少了辅助下沉的工程机械设备。

[0195] 负压下沉方法，为现有的技术，具体可以参考中国实用新型专利申请《一种用于筒型基础下沉的负压控制装置及其使用方法》，专利申请公布号为CN106436786A；以及参考中国实用新型专利申请《一种复合筒型基础下沉姿态馈控系统》，专利申请公布号为CN106988335A；也可以参考中国实用新型专利申请《一种钢-混凝土复合筒型基础结构及其施工方法》，专利申请公布号为CN102877478A。

[0196] 第三步，将在陆上预制完成的钢制内桁架7，从上到下通过钢制直立过渡段6的顶部开口，放入钢包混凝土直立过渡段5和钢制直立过渡段6内腔中，然后将钢制内桁架7与钢包混凝土直立过渡段5和钢制直立过渡段6相焊接，因此，完成桁架组合式钢混筒型风电基础的施工建设。

[0197] 在本实用新型中，需要说明的是，钢制直立过渡段6，作为塔筒的一部分，是风电机的常规支撑结构，一般与在上部的风力发电机配套使用。塔筒与风力发电机的安装方式，可以采用现有常规的安装方式，不是本专利的创新点，在此不再赘述。

[0198] 与现有技术相比较，本实用新型提供的桁架组合式钢混筒型风电基础，具有如下有益效果：

[0199] 1、采用筒型风电基础(即钢包混凝土筒裙1)、钢包混凝土直立过渡段与钢制直立过渡段结合的组合式基础型式，相比于传统的变直径过渡段，立模更加方便，浇筑更加容易，可大大提高现场浇筑的施工效率；

[0200] 2、相比于大直径的单桩风电基础，用钢量小，且可筒型基础可以通过负压进行快速下沉安装。

[0201] 对于本实用新型，由于筒型基础直径大，多为30m～38m，而现有单桩的直径多为5m-8m，故本实用新型的筒型基础内部因负压形成的压差作用面积大，能提供更大驱动力，而现有的单桩风电基础直径小，入土深度大，目前工程上均采用打桩的形式进行安装。

[0202] 3、钢制直立过渡段与钢包混凝土直立过渡段，二者可以通过法兰连接，法兰通过螺栓锁紧固定，可通过局部结构装配而成，缩短了施工周期，降低了海上风电建设成本。

[0203] 4、搭配钢制内桁架、钢制外桁架和钢包混凝土斜支撑梁，依据环境、荷载条件选择组合，在深水区(水深超过40m)、小兆瓦(装机容量小于6MW)条件，可采用钢制内桁架结构或钢制外桁架结构作为过渡段支撑。桁架结构将过渡段受到的部分荷载，较为均匀地传递到钢筋混凝土梁系结构3上。

[0204] 5、桁架结构(包括钢制内桁架、钢制外桁架)用钢量小且可通过工厂预制，现场整体吊装焊接。在深水区(水深超过40m)、小兆瓦(装机容量6～8MW)条件，采用钢制内桁架与钢制外桁架结合作为过渡段支撑。

[0205] 6、钢制外桁架结构，相比斜支撑结构(即钢包混凝土斜支撑梁)，可支撑的高度范围更大，有效解决了过渡段在水深较大时，因柔性大、支撑不足而导致的倾斜率过大问题，适用于更深水深的海域，扩大了筒型基础适用水深范围。

[0206] 7、在深水区(水深超过40m)、大兆瓦(装机容量大于8MW)的条件，采用斜支撑(即钢包混凝土斜支撑梁)与钢制内桁架结合，或斜支撑、内外桁架三者结合。内桁架结构设计在钢制直立过渡段内，在不增大波浪力的同时，增加钢制直立过渡段的水平承载力及抗倾覆能力，降低钢制直立过渡段用钢量，充分发挥发挥钢材的材料性能。

[0207] 在本实用新型中，对于本实用新型提供的桁架组合式钢混筒型风电基础，除桁架结构(包括钢制内桁架7和钢制外桁架8)采用Q235钢材外，其余结构中所使用的钢材，均采用Q345的钢材。

[0208] 需要说明的是，抗弯刚度不够、抗倾覆能力不足，是针对现有体型的风机基础，而本实用新型设计的新体型是满足大兆瓦、大水深下的抗弯和抗倾条件。

[0209] 大兆瓦基础尺寸增大，结构用钢量势必增加；向深水发展，结构更高，长细比也随之增大，由于传统的海上风电基础是标准的高耸柔性结构，因此抗弯刚度不够、抗倾覆能力不足。本实用新型通过采用混凝土结构代替部分钢结构，可以达到节省用钢量的目的。此外，对于本实用新型，通过桁架(包括钢制内桁架7和钢制外桁架8)的使用，有效降低了钢制过渡段(包括钢包混凝土直立过渡段5和钢制直立过渡段6)的壁厚，目前现有的单桩制造技术(壁厚超过150mm)尚未成熟，采用本实用新型设计的桁架结构支撑和保护风电基础中的上部柔性结构，既可以节约钢材、又可以进一步降低制造难度，增大结构的刚度。

[0210] 综上所述，与现有技术相比较，本实用新型提供的一种桁架组合式钢混筒型风电基础，设计科学，具有较高的抗弯刚度以及良好的抗倾覆能力，能够更好地满足深水大容量风力发电机的安装需求，具有重大的实践意义。

[0211] 经过检验，通过应用本实用新型，可以满足在深水区(例如水深超过40m)进行大兆瓦(例如装机容量大于8MW)风力发电机的安装需求。

[0212] 以上所述仅是本实用新型的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本实用新型原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本实用新型的保护范围。

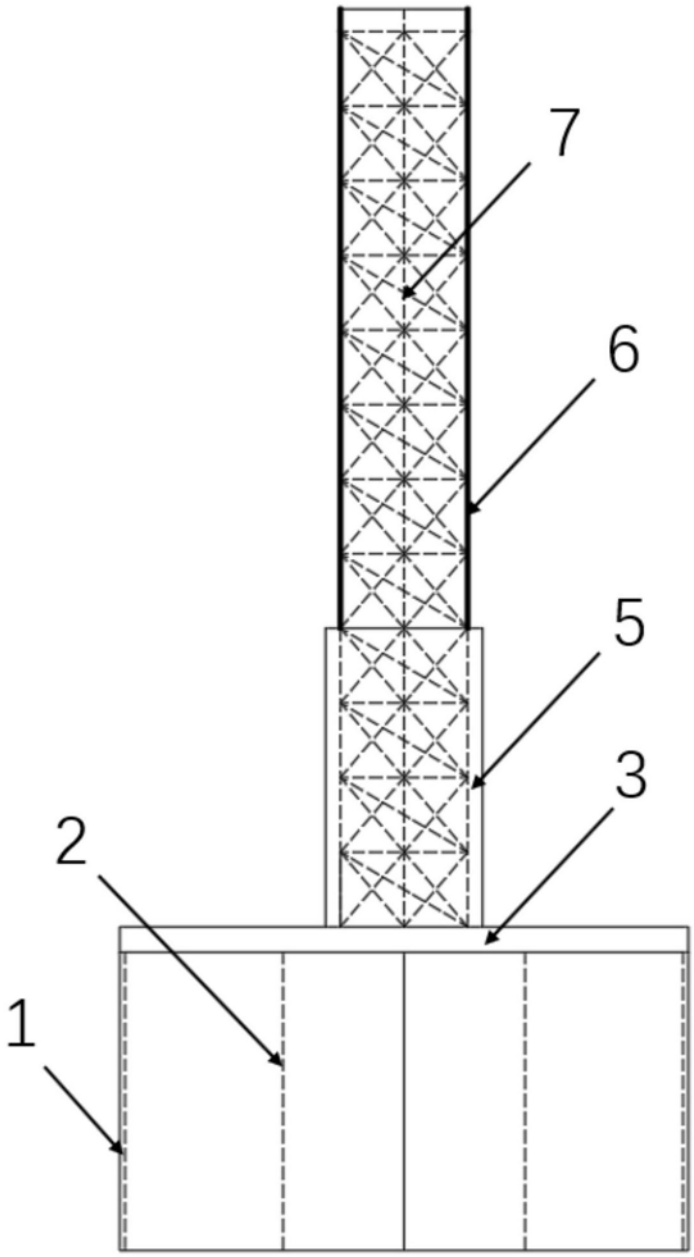


图1a

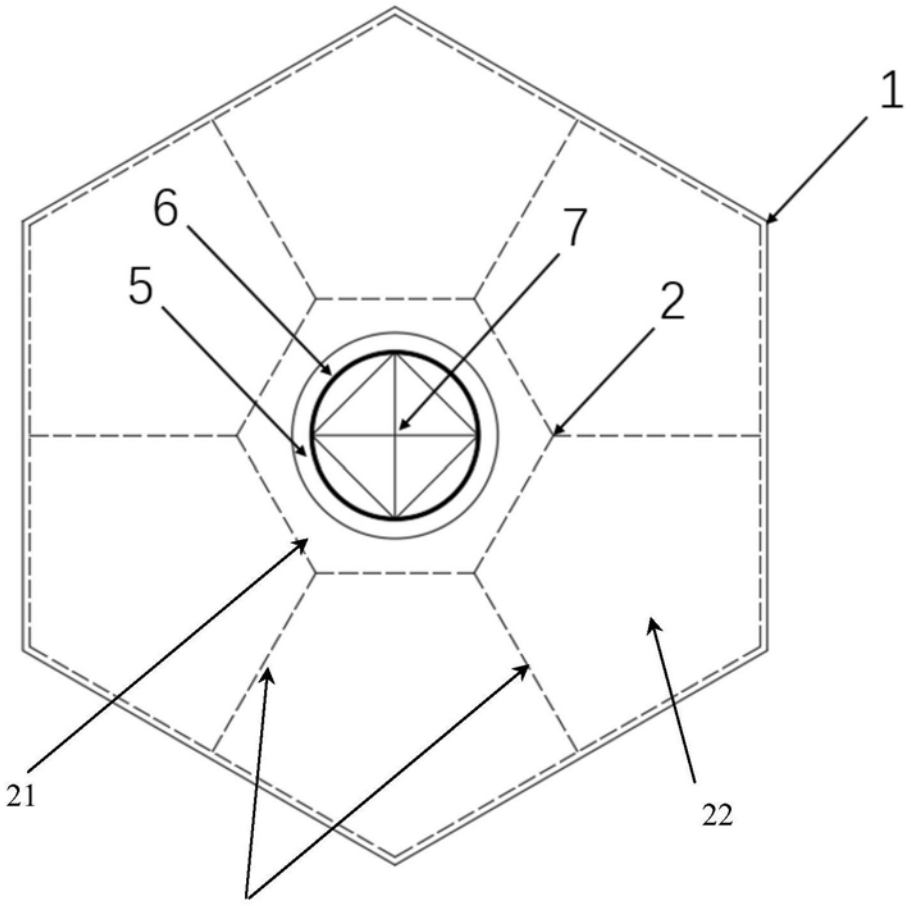


图1b

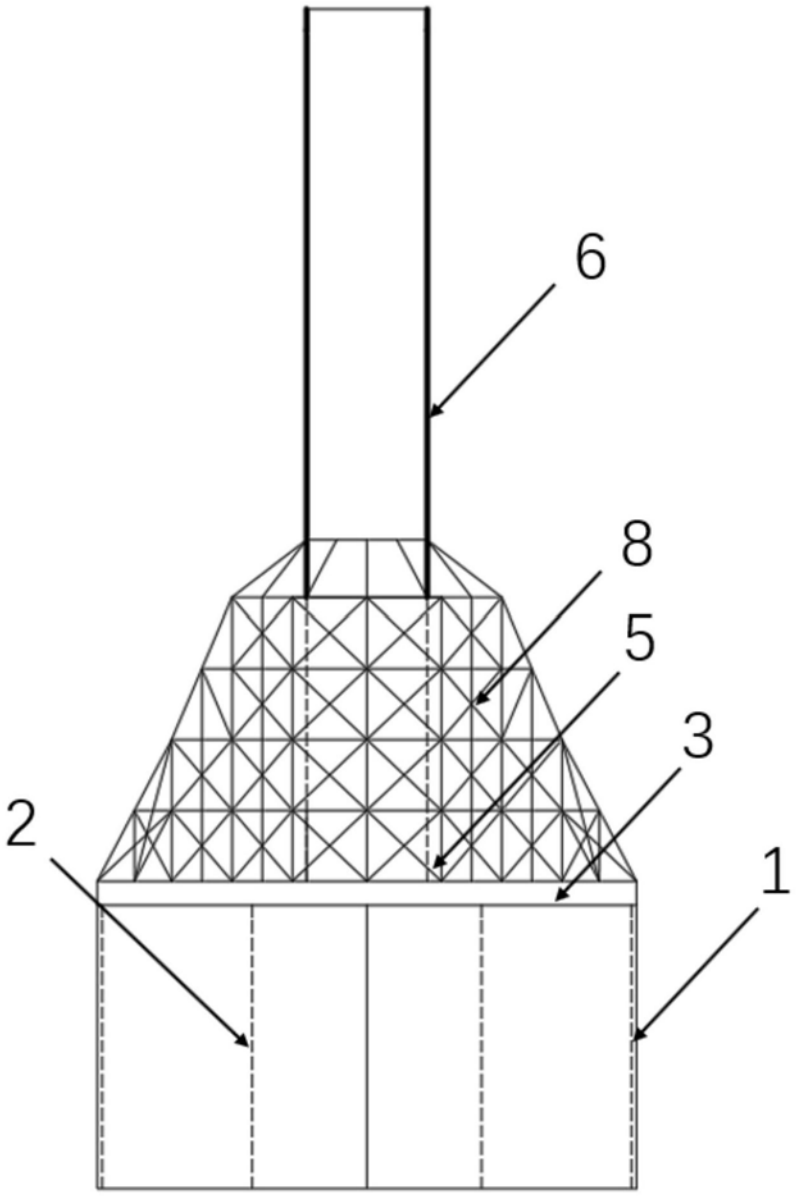


图2a

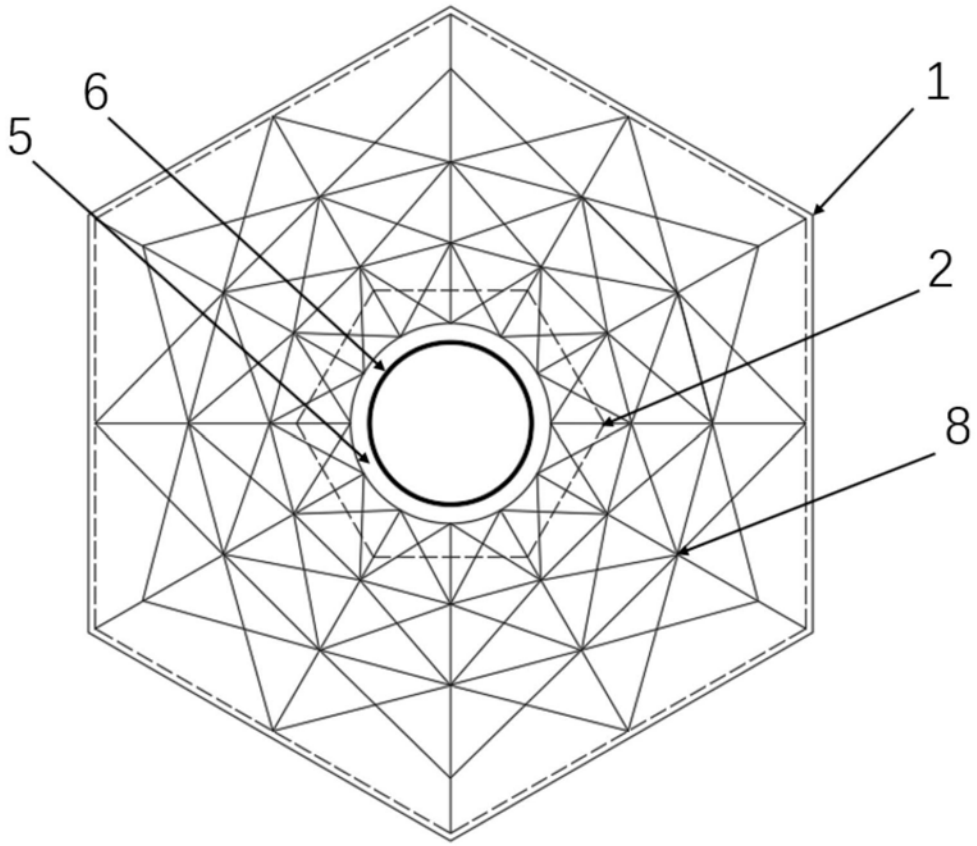


图2b

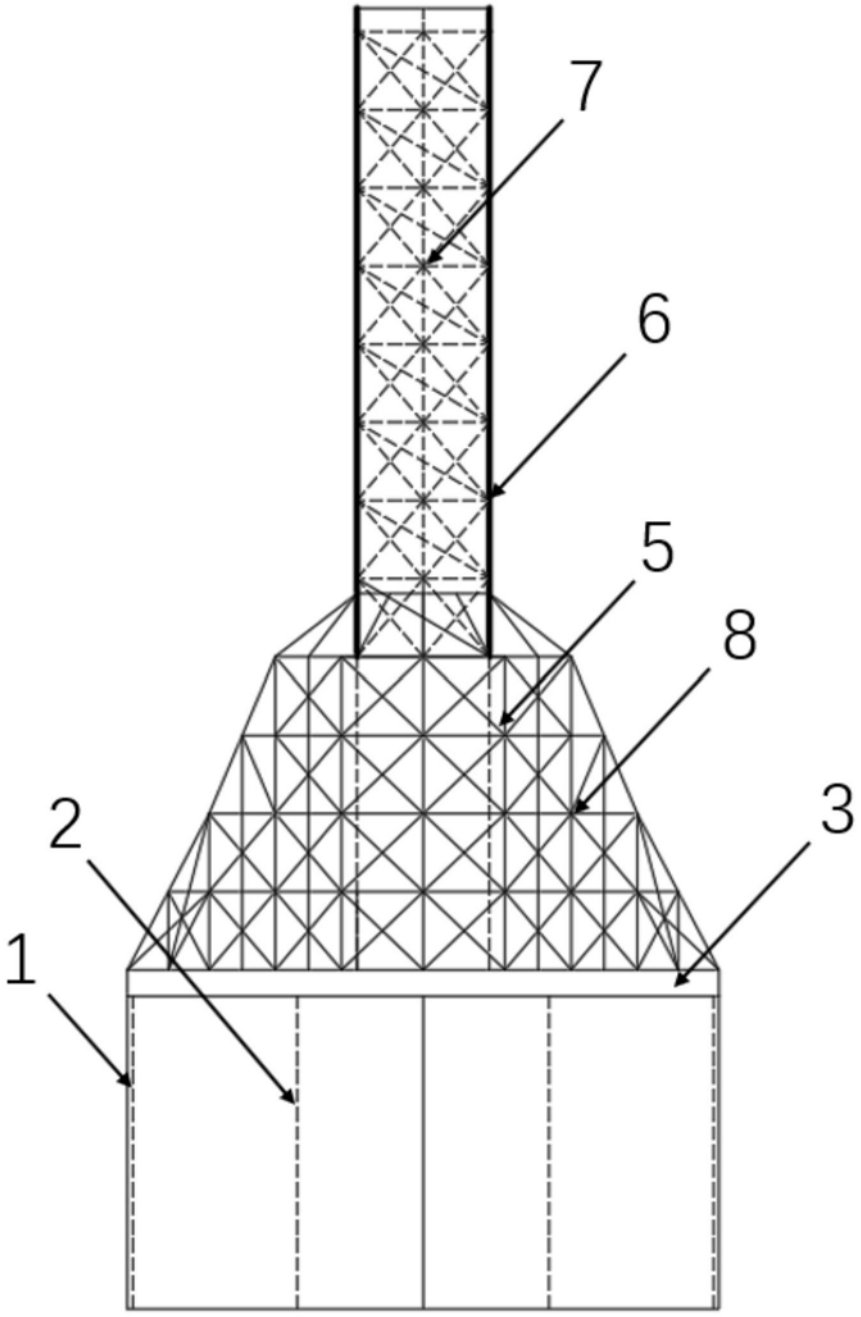


图3a

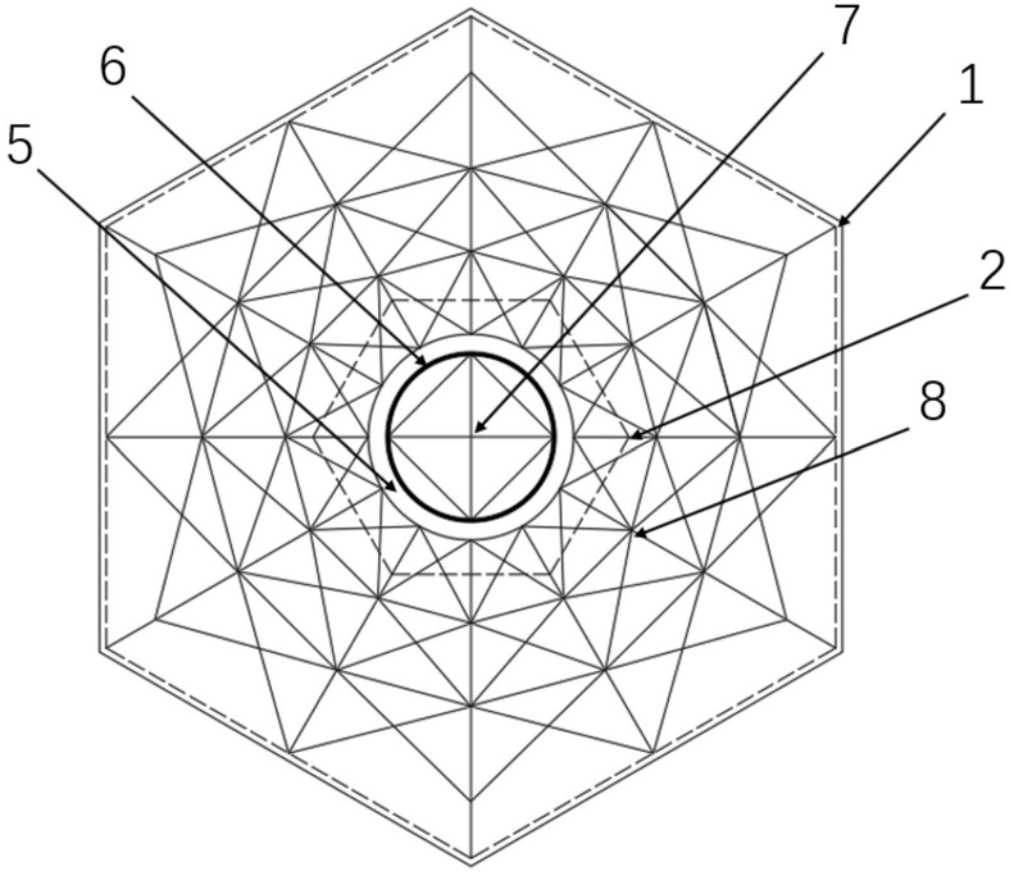


图3b

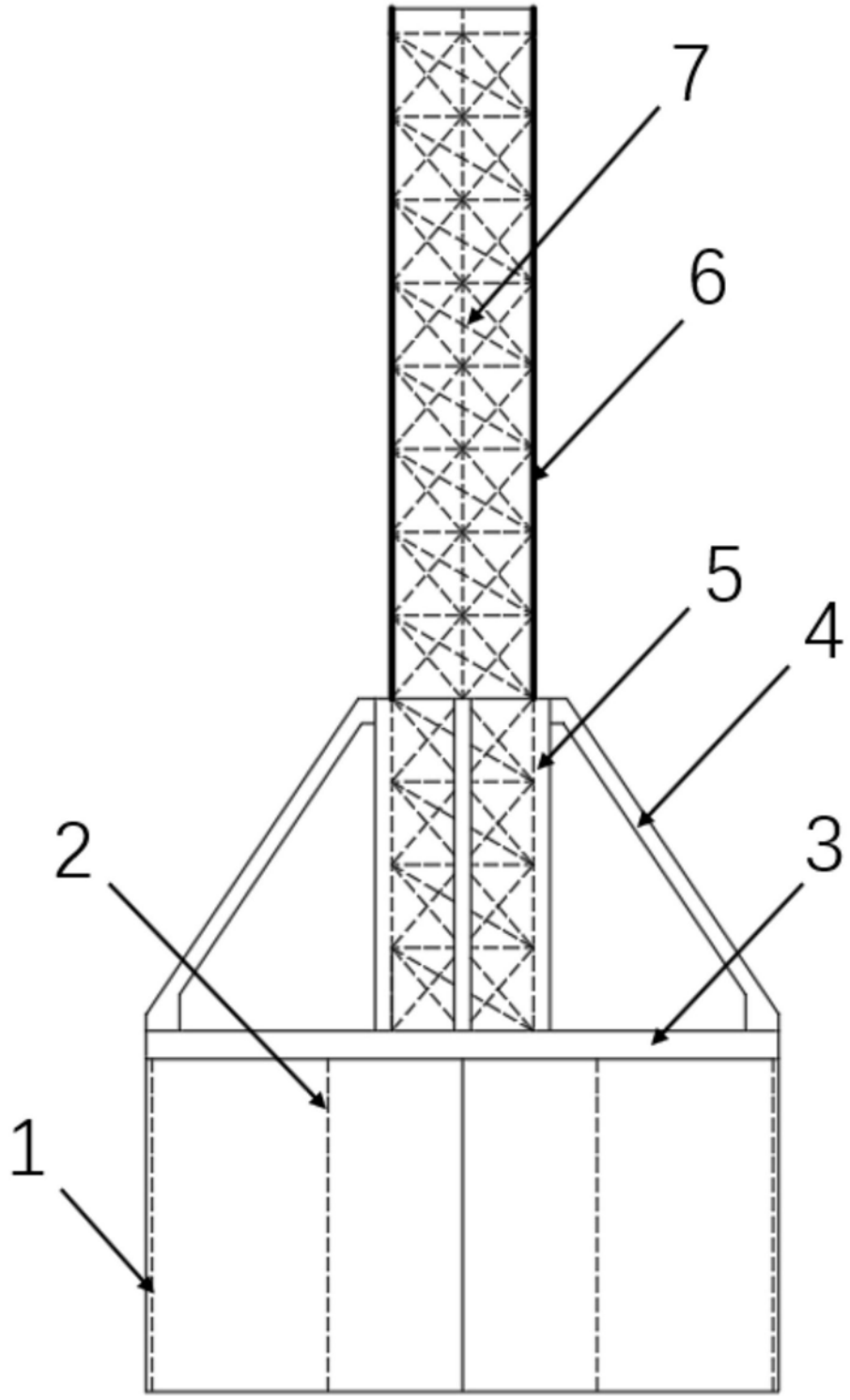


图4a

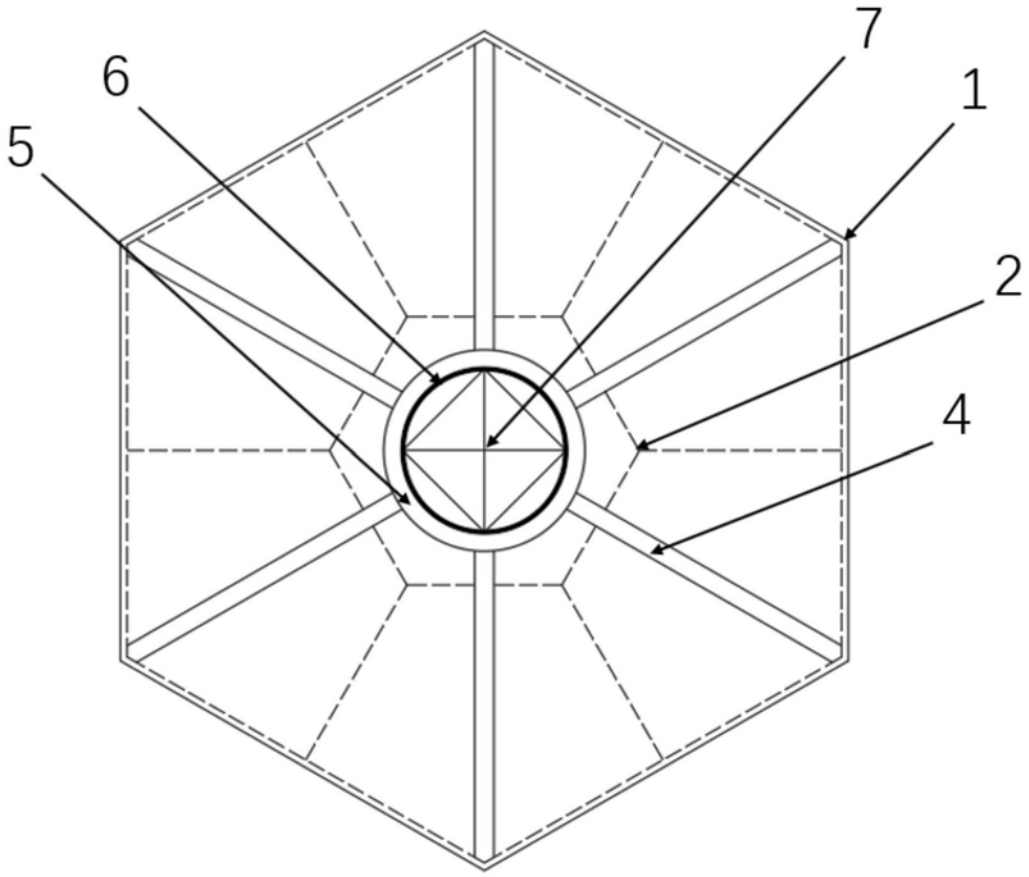


图4b

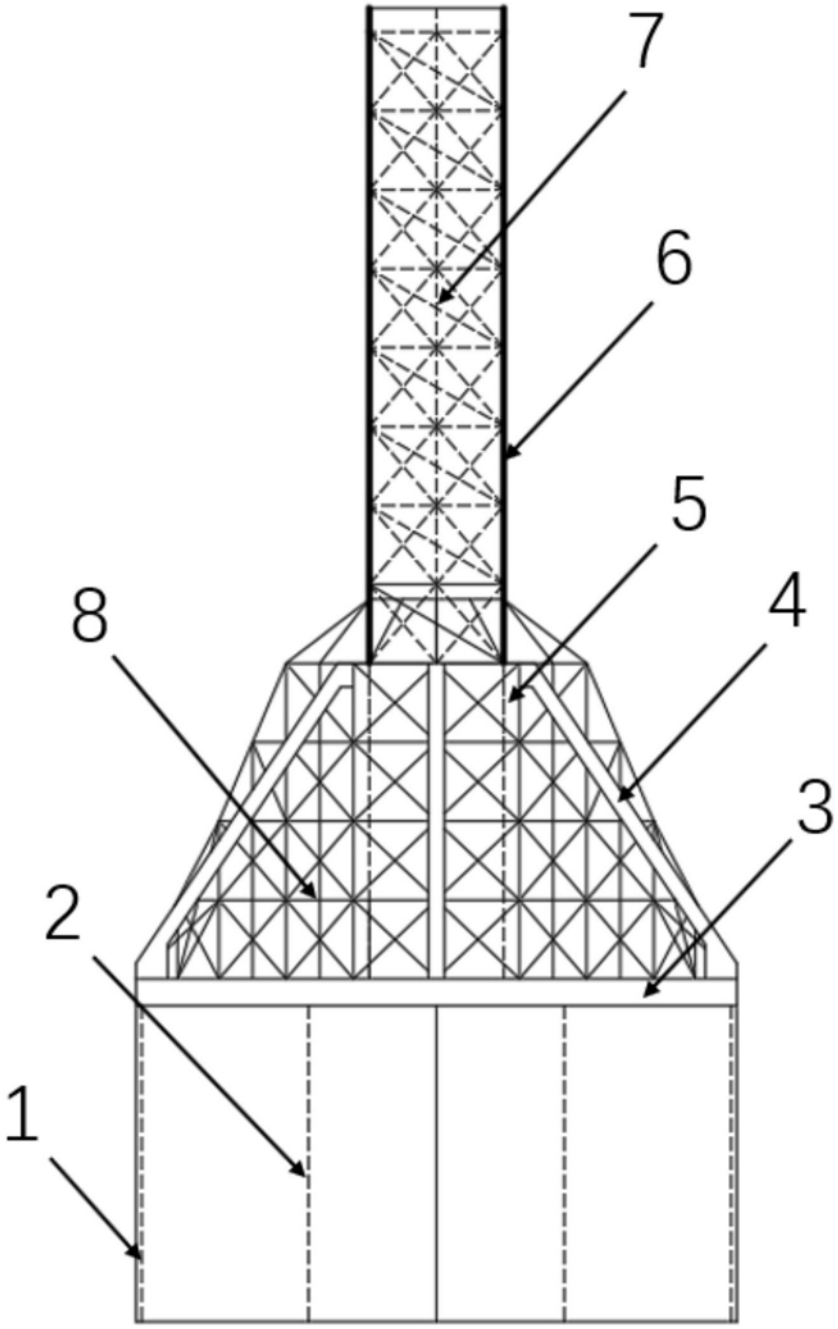


图5a

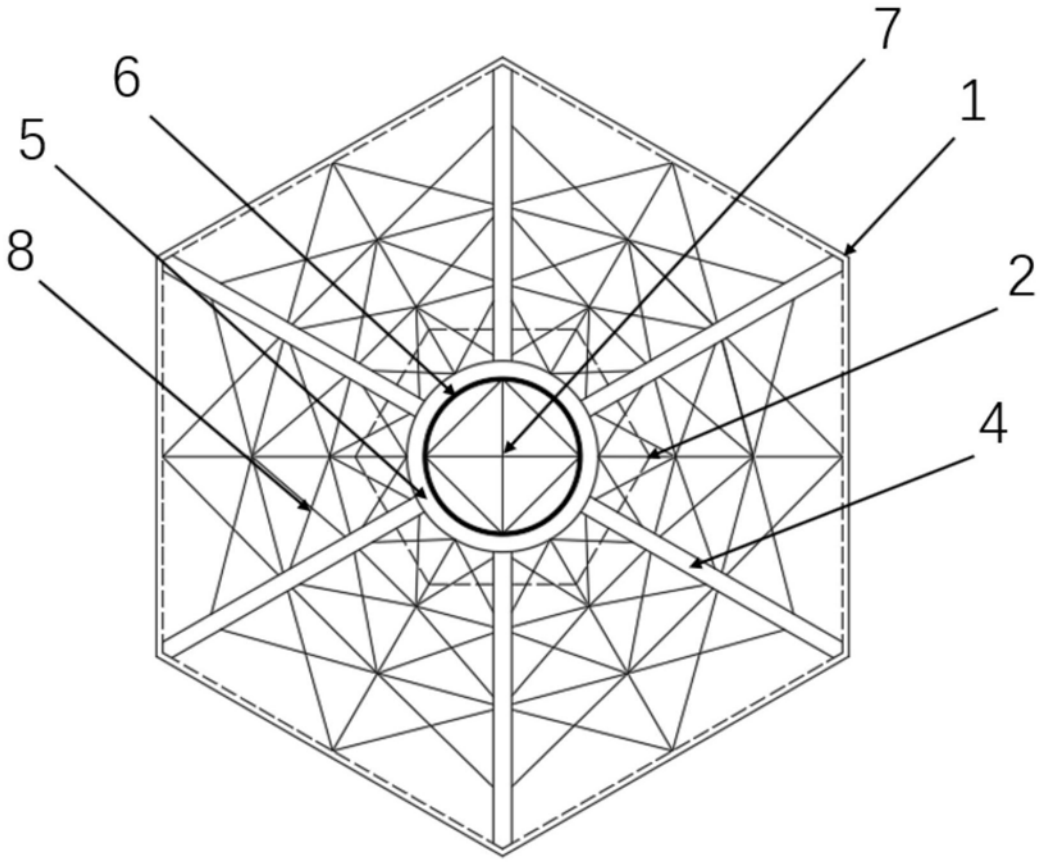


图5b

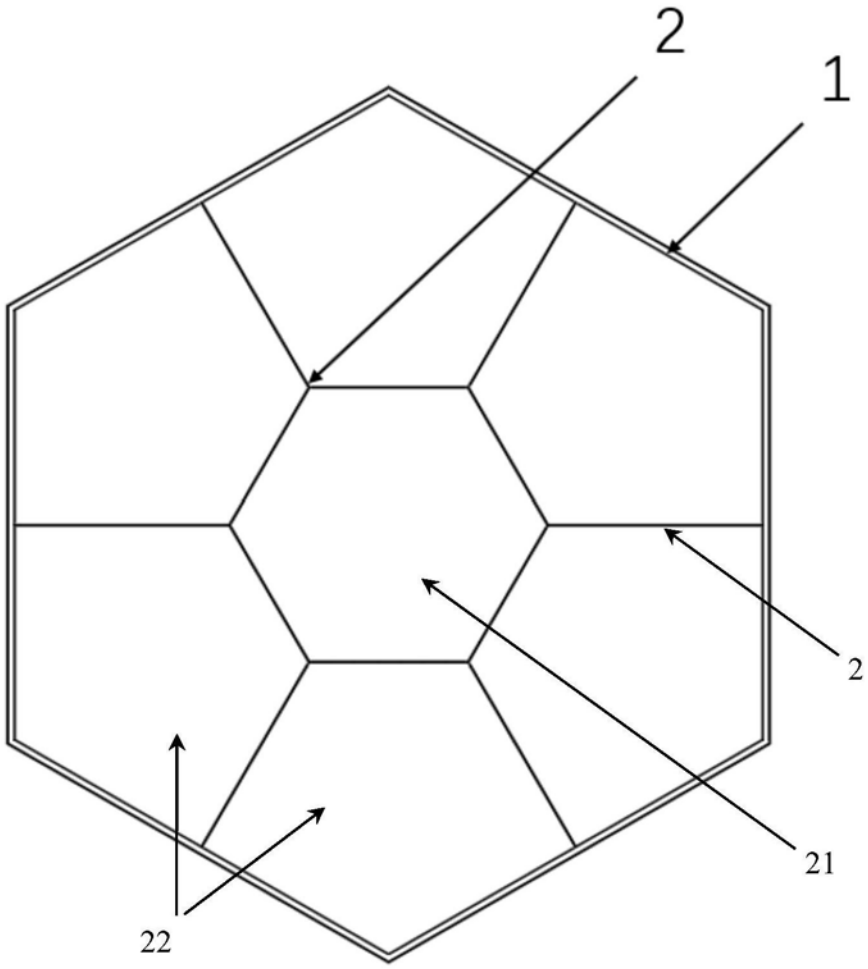


图6