(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116707399 A
(43)申请公布日 2023.09.05

(21)申请号 202310984846.2
(22)申请日 2023.08.07
(71)申请人 苏州聚晟太阳能科技股份有限公司
地址 215611 江苏省苏州市张家港市塘桥镇弘吴大道199号节能环保创新园A区40幢101
(72)发明人 彭程 宁鹏 栗怀广 卢晓聪 王睿
(74)专利代理机构 成都七星天知识产权代理有限公司 51253
专利代理师 龚寅飞
(51)Int.Cl.
*H02S 20/10*(2014.01)
*F24S 25/50*(2018.01)
*F24S 25/60*(2018.01)
*F16F 15/02*(2006.01)

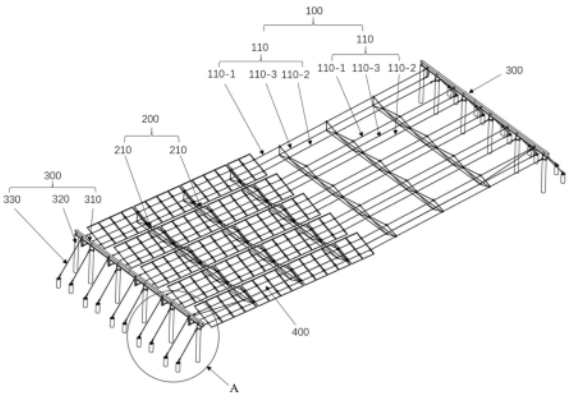
权利要求书2页 说明书13页 附图9页

(54)发明名称

一种光伏支架系统

(57)摘要

本说明书实施例提供了一种光伏支架系统，该光伏支架系统包括主索承重模块、抗风模块和组件安装模块。主索承重模块包括若干个主索单元，主索承重模块主要用于承载光伏面板。每个所述主索单元包括第一主索、第二主索和稳定索。抗风模块设置于若干个主索单元之间，用于稳定主索承重模块，且抗风模块位于所述光伏面板的背板下方。组件安装模块与主索承重模块连接，用于锚固主索承重模块。抗风模块包括多列拉杆组件，多列拉杆组件沿主索单元的延伸方向间隔分布，且多列拉杆组件与主索单元相互垂直。




CN 116707399 A

1.一种光伏支架系统,其特征在于,包括:主索承重模块(100)、抗风模块(200)和组件安装模块(300);

所述主索承重模块(100)包括若干个主索单元(110);所述主索单元(110)包括第一主索(110-1)、第二主索(110-2)和稳定索(110-3);

所述抗风模块(200)设置于若干个所述主索单元(110)之间;

所述组件安装模块(300)与所述主索承重模块(100)连接;

其中,所述抗风模块(200)包括多列拉杆组件(210);所述多列拉杆组件(210)沿所述主索单元(110)的延伸方向间隔分布,且所述多列拉杆组件(210)与所述主索单元(110)相互垂直。

2.如权利要求1所述的光伏支架系统,其特征在于,所述抗风模块(200)包括多排拉杆组件(210);多排拉杆组件(210)包括首排拉杆组件(2101)、中间排拉杆组件(2102)和尾排拉杆组件(2103);所述首排拉杆组件(2101)和所述尾排拉杆组件(2103)中的拉杆采用刚性杆,所述中间排拉杆组件(2102)的拉杆采用柔性杆。

3.如权利要求2所述的光伏支架系统,其特征在于,多排拉杆组件(210)中首两排拉杆组件和尾两排拉杆组件的拉杆采用刚性杆;除了首两排拉杆组件和尾两排拉杆组件以外的中间排拉杆组件的拉杆采用柔性杆。

4.如权利要求1所述的光伏支架系统,其特征在于,每排所述拉杆组件(210)包括若干个拉杆单元(211);所述拉杆单元(211)设置在相邻两个所述主索单元(110)之间。

5.如权利要求4所述的光伏支架系统,其特征在于,相邻两个所述主索单元(110)包括第一主索单元(111)和第二主索单元(112);所述拉杆单元(211)包括第一拉杆子单元(211-1);所述第一拉杆子单元(211-1)的顶点分别位于所述第一主索单元(111)的第一主索A(1111)、第二主索A(1112),以及所述第二主索单元(112)的第二主索B(1122)上,形成三角形结构。

6.如权利要求5所述的光伏支架系统,其特征在于,所述第一拉杆子单元(211-1)包括第一子拉杆(211-11)、第二子拉杆(211-12)和第三子拉杆(211-13);其中,

所述第一子拉杆(211-11),设置在所述第一主索单元(111)中的所述第一主索A(1111)和所述第二主索A(1112)之间;

所述第二子拉杆(211-12),设置在所述第一主索单元(111)中的所述第一主索A(1111)与所述第二主索单元(112)中的所述第二主索B(1122)之间;

所述第三子拉杆(211-13),设置在所述第一主索单元(111)中的所述第二主索A(1112)与所述第二主索单元(112)中的所述第二主索B(1122)之间;

所述第一子拉杆(211-11)、所述第二子拉杆(211-12)和所述第三子拉杆(211-13)首尾相连形成三角形结构。

7.如权利要求6所述的光伏支架系统,其特征在于,所述拉杆单元(211)还包括第二拉杆子单元(211-2);所述第二拉杆子单元(211-2)的顶点分别在所述第一主索单元(111)的所述第二主索A(1112)、稳定索A(1113)和所述第二主索单元(112)的第二主索B(1122)上,形成三角形结构。

8.如权利要求7所述的光伏支架系统,其特征在于,所述第二拉杆子单元(211-2)包括第四子拉杆(211-21)和第五子拉杆(211-22);其中,

所述第四子拉杆(211-21),设置在所述第一主索单元(111)中的所述第二主索A(1112)和所述稳定索A(1113)之间;

所述第五子拉杆(211-22),设置在所述第一主索单元(111)中的所述稳定索A(1113)和所述第二主索单元(112)中的所述第二主索B(1122)之间;

所述第三子拉杆(211-13)、所述第四子拉杆(211-21)和所述第五子拉杆(211-22)首尾相连形成三角形结构。

9.如权利要求8所述的光伏支架系统,其特征在于,所述第二拉杆子单元(211-2)还包括:第六子拉杆(211-23),设置在所述第一主索单元(111)中的所述稳定索A(1113)和第二主索单元(112)中的稳定索B(1123)之间。

10.如权利要求1所述的光伏支架系统,其特征在于,所述稳定索的两端分别固定在所述组件安装模块(300)的横梁(310)或立柱(320)上。

11.如权利要求4-9任一项所述的光伏支架系统,其特征在于,所述稳定索与所述拉杆单元(211)的结点处设置稳定索固定杆(340);所述稳定索固定杆(340)的上端与所述结点连接,下端锚固在地面上。

12.如权利要求11所述的光伏支架系统,其特征在于,所述稳定索固定杆(340)包括阻尼器(350);所述稳定索固定杆(340)的下端通过所述阻尼器(350)固连在地面上。

# 一种光伏支架系统

## 技术领域

[0001] 本说明书涉及光伏组件领域，特别涉及一种光伏支架系统。

## 背景技术

[0002] 光伏发电可以利用光伏组件将作为可再生能源的太阳能转换成电能，为人类生活生产提供便利。然而，光伏组件对稳定性要求极高，需要固定支架和/或跟踪支架进行支撑固定才能稳定持续的工作。为了保持光伏组件的稳定性，目前使用的固定支架和/或跟踪支架是刚性结构，其跨距较小，并且刚性的固定支架和/或跟踪支架对地形适应性也较弱，成本较高，阻碍了光伏发电的应用。

[0003] 随着光伏发电的快速发展，目前，在大跨度的池塘、地质条件复杂的山区、污水收集池上方等地区，逐步开展了光伏发电项目的开发建设，应用大跨度光伏支架系统技术。柔性光伏支架系统的特点是在两个支架之间张拉预应力钢绞线(即索)，光伏面板固定在索上，支架固定在刚性基础上，支架通过斜拉保持稳定，并且可以实现大范围的跨度。

[0004] 但在实际应用中，柔性支架对风振敏感，影响较大。降低光伏支架风荷载，保证光伏面板安全可靠运行，提高柔性支架的稳定性，是亟待解决的难题。本发明旨在进一步解决上述应用中柔性支架存在的问题。

## 发明内容

[0005] 本说明书实施例之一提供一种光伏支架系统，该光伏支架系统主索承重模块、抗风模块和组件安装模块；所述主索承重模块包括若干个主索单元；所述主索单元包括第一主索、第二主索和稳定索；所述抗风模块设置于若干个所述主索单元之间；所述组件安装模块与所述主索承重模块连接；其中，所述抗风模块包括多列拉杆组件；所述多列拉杆组件沿所述主索单元的延伸方向间隔分布，且所述多列拉杆组件与所述主索单元相互垂直。

[0006] 在一些实施例中，所述抗风模块包括多排拉杆组件；多排拉杆组件包括首排拉杆组件、中间排拉杆组件和尾排拉杆组件；所述首排拉杆组件和所述尾排拉杆组件中的拉杆采用刚性杆，所述中间排拉杆组件的拉杆采用柔性杆。

[0007] 在一些实施例中，多排拉杆组件中首两排拉杆组件和尾两排拉杆组件的拉杆采用刚性杆；除了首两排拉杆组件和尾两排拉杆组件以外的中间排拉杆组件的拉杆采用柔性杆。

[0008] 在一些实施例中，每排所述拉杆组件包括若干个拉杆单元；所述拉杆单元设置在相邻两个所述主索单元之间。

[0009] 在一些实施例中，相邻两个所述主索单元包括第一主索单元和第二主索单元；所述拉杆单元包括第一拉杆子单元；所述第一拉杆子单元的顶点分别位于所述第一主索单元的所述第一主索、所述第二主索，以及所述第二主索单元的所述第二主索上，形成三角形结构。

[0010] 在一些实施例中，所述第一拉杆子单元包括第一子拉杆、第二子拉杆和第三子拉

杆;其中,所述第一子拉杆,设置在所述第一主索单元中的所述第一主索和所述第二主索之间;所述第二子拉杆,设置在所述第一主索单元中的所述第一主索与所述第二主索单元中的所述第二主索之间;所述第三子拉杆,设置在所述第一主索单元中的所述第二主索与所述第二主索单元中的所述第二主索之间;所述第一子拉杆、所述第二子拉杆和所述第三子拉杆首尾相连形成三角形结构。

[0011] 在一些实施例中,所述拉杆单元还包括第二拉杆子单元;所述第二拉杆子单元的顶点分别在所述第一主索单元的所述第二主索、所述稳定索和所述第二主索单元的第二主索上,形成三角形结构。

[0012] 在一些实施例中,所述第二拉杆子单元包括第四子拉杆和第五子拉杆;其中,所述第四子拉杆,设置在所述第一主索单元中的所述第二主索和所述稳定索之间;所述第五子拉杆,设置在所述第一主索单元中的所述稳定索和所述第二主索单元中的所述第二主索之间;所述第三子拉杆、所述第四子拉杆和所述第五子拉杆首尾相连形成三角形结构。

[0013] 在一些实施例中,所述第二拉杆子单元还包括:所述第六子拉杆,设置在所述第一主索单元中的所述稳定索和第二主索单元中的所述稳定索之间。

[0014] 在一些实施例中,所述稳定索的两端分别固定在所述组件安装模块的横梁或立柱上。

[0015] 在一些实施例中,所述稳定索与所述拉杆单元的结点处设置稳定索固定杆;所述稳定索固定杆的上端与所述结点连接,下端锚固在地面上。

[0016] 在一些实施例中,所述稳定索固定杆包括阻尼器;所述稳定索固定杆的下端通过所述阻尼器固连在地面上。

## 附图说明

[0017] 本说明书将以示例性实施例的方式进一步说明,这些示例性实施例将通过附图进行详细描述。这些实施例并非限制性的,在这些实施例中,相同的编号表示相同的结构,其中:

图1是根据本说明书一些实施例所示的光伏支架系统的立体结构示意图;

图2是根据本说明书一些实施例所示的光伏支架系统的俯视结构示意图;

图3是图1中A处的放大示意图;

图4是根据本说明书一些实施例所示的光伏支架系统的另一角度立体结构示意图;

图5是图4中C处的放大示意图;

图6A是根据本说明书另一些实施例所示的拉杆单元的模拟结构示意图;

图6B是根据本说明书另一些实施例所示的另一拉杆单元的模拟结构示意图;

图7是图4中D处的放大示意图;

图8是根据本说明书一些实施例所示的光伏支架系统的局部结构示意图;

图9A是根据本说明书一些实施例所示的光伏支架系统的斜拉的连接方式结构示意图;

图9B是根据本说明书另一些实施例所示的光伏支架系统的斜拉的连接方式结构示意图;

图10是根据本说明书另一些实施例所示的光伏支架系统的稳定固定杆的连接结构示意图。

[0018] 图中:100、主索承重模块;110、主索单元;110-1、第一主索;110-2、第二主索;111、第一主索单元;1111、第一主索A;1112、第二主索A;1113、稳定索A;112、第二主索单元;1121、第一主索B;1122、第二主索B;1123、稳定索B;

200、抗风模块;210、拉杆组件;2101、首排拉杆组件;2102、中间排拉杆组件;2103、尾排拉杆组件;211、拉杆单元;211-1、第一拉杆子单元;211-11、第一子拉杆;211-12、第二子拉杆;211-13、第三子拉杆;211-2、第二拉杆子单元;211-21、第四子拉杆;211-22、第五子拉杆;211-23、第六子拉杆;220、节点固定件;221、第一索夹;2211、第一凸耳;222、第二索夹;2221、第二凸耳;

300、组件安装模块;310、横梁;320、立柱;330、斜拉;331、应力可调装置;340、稳定索固定杆;350、阻尼器;

400、光伏面板。

## 具体实施方式

[0019] 为了更清楚地说明本说明书实施例的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单的介绍。显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本说明书的一些示例或实施例,对于本领域的普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图将本说明书应用于其它类似情景。除非从语言环境中显而易见或另做说明,图中相同标号代表相同结构或操作。

[0020] 应当理解,“安装”、“相连”、“连接”、“耦合”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,还可以是两个元件内部的连通。然而,如果其他词语可实现相同的目的,则可通过其他表达来替换所述词语。

[0021] 如本说明书和权利要求书中所示,除非上下文明确提示例外情形,“一”、“一个”、“一种”和/或“该”等词并非特指单数,也可包括复数。一般说来,术语“包括”与“包含”仅提示包括已明确标识的步骤和元素,而这些步骤和元素不构成一个排它性的罗列,方法或者设备也可能包含其它的步骤或元素。

[0022] 虽然本申请对实施例装置中的某些组件做出了各种引用,然而,任何数量的不同组件可以被应用于实施例装置中。所述组件仅仅具有说明性。所述装置在不同的应用场景或安装场景中可以包括不同的组件。在本说明书中没有描述的组件或结构,除非有特殊强调,否则并不说明或暗示本说明书中的装置不包括或不包括所描述的组件或结构。

[0023] 本申请的实施例可以应用于光伏发电领域以外的其他领域。应当理解的是,本申请中装置的应用场景仅仅是本申请的一些示例或实施例,本领域的普通技术人员可能在不付出创造性劳动的前提下,将本申请应用于其他类似领域,例如太阳能光热领域或者其他涉及组件的固定装置中。

[0024] 可以注意的是,以下对于光伏发电系统各实施例的描述,仅为描述方便,并不能把本申请限制在所举实施例范围之内。应当理解的是,本领域普通技术人员在了解该装置原理之后,可以在不背离这一原理的情况下,对各个组件进行任意组合,或将其作为其他结构

的组成部分，或对该装置的应用领域做出形式和细节上的各种修正和改变。此外，本申请中的附图也仅仅是对各个装置或组件的一种较为直观的视觉描述，仅仅具有说明性。附图中各个装置或组件的结构、形状、子结构数量、子结构种类等仅为方便描述，并不对各个装置或组件实际的结构、形状、子结构数量、子结构种类等造成限定。附图中没有出现的结构，除非相关描述中有特殊强调，否则并不说明或暗示所描述的装置或组件不包括该结构。

[0025] 在本申请中，除非特殊指明，组件可以用来形容一个具体的机械结构或功能结构，例如横梁、拉杆、光伏面板、支架、主索、立柱等或上述机械结构和/或功能结构的组合。在本申请中，除非特殊指明，若两个组件之间相互连接，其连接方式可以包括连接件连接方式、或者是一体化连接方式等、或者是上述连接方式的组合。所述连接件连接方式指的是，用于连接的组件在各自制造完成后是一个独立的结构，这些独立结构之间通过连接件连接在一起的连接方式。其中所述连接件是可以用来将两个或多个组件连接在一起的独立的连件。所述连接件可以是通用的标准连接件，例如通用规格的螺丝、螺栓、螺杆、螺母、压块、铆接、锚固等。所述连接件也可以是市面上不流通的特制连接件，例如非通用规格的螺丝、螺栓等、卡扣或者是具有一定连接结构的连接块。所述一体化连接方式指的是，两个组件在安装完成后是同一个独立机械结构的不同功能区域。例如，两个组件所隶属的机械结构可以在制造时便是使用特制的模具一次成形的。两个组件也可以通过对一个独立机械结构进行物理或化学造型而添加在该结构上。添加的方式可以包括打孔、切割、弯折、抛光、敲击、腐蚀、电镀等，或是上述方式的任意组合。两个组件也可以通过焊接或与之类似的方式连接在一起。此外，所述连接件连接方式和一体化连接方式可能同时应用于两个组件的连接当中。例如两个组件当中的其中一个组件的特征结构既可包括物理造型形成的部分，也可包括使用连接件进行连接后获得的部分。

[0026] 在本说明书中，除非特殊指明，光伏面板的正面可以为光伏面板感光面所在的表面，光伏面板的背面可以是与其正面相对的表面，一般是底板。光伏面板非正面或背面的其它表面可以统称为侧面(包括横向侧面和纵向侧面)。为了获得最佳的照射倾角，需要将光伏面板倾斜放置，因此两根拉索在垂直高度上呈一高一低排布，光伏面板呈一定角度倾斜固定连接在两根拉索上。当一定速度的空气吹过光伏面板时，在光伏面板在风力作用下会产生竖向位移、扭转和/或随机的振动等。由于两根拉索之间存在高度差，每根拉索通过多个卡扣与光伏面板的背面连接，当风荷载作用增大到一定程度时，受力的方向和大小不同使得每个卡扣上都增加了拉力，光伏面板可能会被卡扣产生的拉力撕裂。两根拉索为具有一定预紧力的钢绞线，两根拉索的纵向刚度较弱，当风荷载作用增大到一定程度时，两根拉索也有损坏的风险。其中，本说明书中的纵向均是指图2中所示的Y轴方向，横向均是指图2中所示的X轴方向。

[0027] 图1是根据本说明书一些实施例所示的光伏支架系统的立体结构示意图；图2是根据本说明书一些实施例所示的光伏支架系统的俯视结构示意图；图3是图1中A处的放大示意图。需要说明的是，由于该实施例的稳定索110-3是位于第一主索110-1的正下方，因此在俯视状态的图2中，稳定索110-3被第一主索110-1遮挡无法在图2中显示。

[0028] 本说明书披露了一种光伏支架系统，参见图1，包括主索承重模块100、抗风模块200和组件安装模块300。组件安装模块300设置有至少两个且沿横向(图2中的X方向)间隔设置，在具体实际应用时横向可以是南北向、东西向或其他方向。图1中展示了一跨光伏支

架，包括两个组件安装模块300。组件安装模块300与主索承重模块100连接，用于锚固主索承重模块100，并将主索承重模块100及上部其他机构撑起。参见图1、图2，相邻两个组件安装模块300之间连接有主索承重模块100。主索承重模块100包括若干个主索单元110，若干个主索单元110沿纵向(图2中的Y方向)间隔设置。每个主索单元110包括两根拉索，两根拉索可以是柔性的钢丝索，呈平行状态两端固定连接在两个组件安装模块300。两根拉索用于承载光伏面板400，两根拉索之间沿纵向具有一定间距，且在垂直方向上具有不同的高度，以使两根拉索形成的光伏面板承载基面相对于水平面具有一定的角度。抗风模块200设置于若干个主索单元110之间，用于稳定主索承重模块100，且抗风模块200位于光伏面板400的背板下方。抗风模块200包括多列拉杆组件210。其中，本说明书中所述的排是指沿图2中所示的X向延伸设置，列是指沿图2中所示的Y向延伸设置。多列拉杆组件210沿主索单元110的延伸方向(即横向)间隔分布，且多列拉杆组件210形成的平面均与主索单元110相互垂直。每列所述拉杆组件210是由若干个拉杆单元211依次首尾相连形成的封闭形稳定结构。多个主索单元110沿横向延伸并沿纵向间隔设置，多列拉杆组件210沿纵向延伸并沿横向间隔设置，从而形成矩形网状支撑结构。多个主索单元110通过多列拉杆组件210连接成一个矩形整体，使得整个光伏支架系统的结构稳定性强，抗风能力强，使用寿命长。该光伏支架系统结构简单，造价更加经济，并且具有抗风稳定性。而且，抗风模块位于光伏面板的背板下方，对光伏面板几乎没有遮挡，可以有效提高光伏面板对太阳光线的采集率。

[0029] 在一些实施例中，拉杆组件210可以是由多根拉杆连接形成具有稳定性的平面结构，拉杆组件210的多根拉杆之间相互约束变形，达到抗风振效果。关于拉杆组件210的具体结构，参见下文描述。

[0030] 在一些实施例中，一个完整的光伏支架系统可以包括沿横向间隔设置多个组件安装模块300，相邻两个组件安装模块300之间的光伏支架称之为一跨，其间距可根据实际跨度需求进行设置，以满足不同跨度需求。图1、图2中展示的是光伏支架系统中的一跨，两个组件安装模块300根据安装跨度需求设置在主索承重模块100的横向两端。在一些实施例中，当光伏支架系统包括两跨时，则组件安装模块300有沿横向间隔设置的三个。在一些实施例中，当光伏支架系统包括三跨时，则组件安装模块300有沿横向间隔设置的四个，以此类推。

[0031] 在一些实施例中，参见图1、图3，组件安装模块300包括起安装支撑作用的横梁310和起支撑作用的若干根立柱320。若干个主索单元110的两端通过锚固结构固定安装在横梁310和立柱320上。

[0032] 横梁310沿与光伏支架系统的延伸方向相垂直的纵向延伸，即图2中所示的Y向。在一些实施例中，横梁310可以采用工字钢。

[0033] 若干根立柱320沿横梁310的长度方向依次间隔设置，且每根立柱320竖直(即重力方向)设置，其上端与横梁310固定连接，其相对的下端埋设于地层中。

[0034] 在一些实施例中，为了适应大跨度的池塘、地质条件复杂的山区、污水收集池上方等复杂地形，多根立柱320的长度可以根据实际地形情况来设置。施工时，先根据项目的具体要求，将多根立柱320埋设于地层中，再将横梁310固定安装在多跟立柱320上。横梁310与若干根立柱320相互垂直，且多个横梁310要保持高度基本一致。

[0035] 在一些实施例中，横梁310与若干根立柱320的固定可以是通过预埋螺栓固定也可

以是通过现场焊接来固定。在一些实施例中，横梁310也可以采用工字钢焊接钢立柱再与立柱320连接的形式以适应一定的坡度。

[0036] 在一些实施例中，参见图1，主索承重模块100包括若干个主索单元110，主要用于承载支撑光伏面板400。主索单元110沿横向(图2中的X轴方向)延伸，两端分别固定在对应端的组件安装模块300上。每个主索单元110呈水平状态沿横向延伸。每个主索单元110上均沿横向间隔安装多个光伏面板400，组成一排光伏面板400。整个柔性支架上的光伏面板400形成多排多列的长方形矩阵。

[0037] 在一些实施例中，参见图1，每个主索单元110包括三根拉索，可以包括第一主索110-1、第二主索110-2和稳定索110-3。第一主索110-1和第二主索110-2作为承载光伏面板400的承重索，稳定索110-3作为加强索。第一主索110-1、第二主索110-2和稳定索110-3均可以采用柔性的钢绞线。在一些实施例中，第一主索110-1、第二主索110-2和稳定索110-3可以采用1*7股的钢绞线，其强度大约为1860MPa。第一主索110-1和第二主索110-2相互平行，且在空间上高低布设，光伏面板400的背面固定连接在第一主索110-1和第二主索110-2上。通过第一主索110-1和第二主索110-2的高低布设形成一定的倾斜角度，从而使得安装在第一主索110-1和第二主索110-2上方的光伏面板400同样倾斜一定的角度，使得光伏面板400能够面向光线，提高对光线的收集效率。稳定索110-3设置于光伏面板400的下方并更靠近地面。

[0038] 在一些实施例中，第一主索110-1和第二主索110-2之间的水平向间距以及垂直向间距，可以根据实际情况中光伏面板400的尺寸大小以及光伏面板400所需要倾斜的角度来计算获得。

[0039] 一般来说，若光伏面板400与太阳光线垂直设置，可以最大程度的收集太阳光能，光伏支架上的光伏面板400都是具有一定倾斜角度安装的，因此用于承载光伏面板400的第一主索110-1和第二主索110-2就需要高低设置。本说明书中，为了便于区分和理解，第一主索110-1是指每个主索单元110中用于承载支撑光伏面板400的两根索中在垂直方向上位置较高的一根。第二主索110-2是指每个主索单元110中用于承载支撑光伏面板400的两根索中在垂直方向上位置较低的一根。在一些实施例中，多个主索单元110中的第一主索110-1在垂直方向上高度一致，多个主索单元110中的第二主索110-2在垂直方向上高度一致。

[0040] 在一些实施例中，第一主索110-1和第二主索110-2的两端分别与对应端的横梁310固定。在一些实施例中，第一主索110-1和第二主索110-2可以连接在横梁310面向索的内侧。在一些实施例中，第一主索110-1和第二主索110-2也可以横梁310在外侧固定。

[0041] 在一些实施例中，第一主索110-1的两端固定连接在对应端的横梁310上。第二主索110-2的两端固定连接在对应端的立柱320上。该实施例中，同一个组件安装模块300中的相邻两个立柱320之间的间距等于相邻两个第二主索110-2之间的间距，也等于相邻两排光伏面板400之间的间距。在一些实施例中，第二主索110-2可以采用抱箍方式连接在立柱320上。在一些实施例中，立柱320内可以预埋耳板，第二主索110-2连接在耳板上。

[0042] 在一些实施例中，第一主索110-1和第二主索110-2的两端可以分别固定连接在对应端的横梁310或立柱320上。此处的固定连接方式是指给索施加一定的预应力后端部固定。在一些实施例中，第一主索110-1和第二主索110-2的两端可以分别可调节连接在对应端的横梁310或立柱320上。此处的可调节连接方式是指给拉索施加预约力后，且端部还装

有应力可调装置，可以通过对应力可调装置的旋紧或者旋松来实现调整拉索的应力。

[0043] 在一些实施例中，参见图1，组件安装模块300还可以包括斜拉330。第一主索110-1和第二主索110-2的端部分布通过斜拉330锚固在地面上。在一些实施例中，斜拉330的一端通过地锚锚固在地面或桩基上，另一端锚固在横梁310或立柱320上。斜拉330用于平衡横梁310或立柱320两侧拉力。第一主索110-1和第二主索110-2均被设置在横梁310的内侧，而斜拉330被设置在横梁310的外侧，可以平衡横梁310两侧受力。在一些实施例中，一部分斜拉330的一端连接在立柱320上的抱箍或耳板上。

[0044] 在一些实施例中，多列拉杆组件210沿主索单元110的延伸方向(即横向)间隔分布。在一些实施例中，多列拉杆组件210的分布密度可以是均匀的，也可以是不均匀的，可以根据实际地形需求来具体调节。在一些实施例中，相邻两列拉杆组件210之间的间距取值范围可以在4.5m-7m 之间。在一些实施例中，相邻两列拉杆组件210之间的间距取值范围可以在5m-6.5m 之间。在一些实施例中，相邻两列拉杆组件210之间的间距取值范围可以大约在6m。

[0045] 在一些实施例中，参见图1，多列拉杆组件210可以沿横向等间距分布，每相邻两列拉杆组件210之间安装的光伏面板400的数量相等。多列拉杆组件210主要用于增加第一主索110-1和第二主索110-2的抗风振能力，等间距分布的多列拉杆组件210可以使第一主索110-1和第二主索110-2的纵向刚度均匀增加，光伏面板400更加不容易因为拉索局部伸缩变形严重而损坏。

[0046] 在一些实施例中，抗风模块200可以包括多排拉杆组件210。每排拉杆组件210设置在相邻的两排主索单元110之间，也可以理解为，每排拉杆组件210设置在相邻的两排光伏面板400之间。在一些实施例中，图2中的光伏支架，仅展示了五排光伏面板400，也是五排主索单元110，相应地，拉杆组件210有四排。图2仅作为示意性展示，并不限定本说明书中光伏面板400、主索单元110和拉杆组件210的具体排数。在一些实施例中，拉杆组件210的排数可以根据光伏支架整体的实际需求进行设置，以满足不同地形以及功率需求。例如，光伏面板400和主索单元110可以有六排，则拉杆组件210为五排。又例如，光伏面板400和主索单元110可以有七排，则拉杆组件210为六排。再例如，光伏面板400和主索单元110可以有七排，则拉杆组件210为六排，以此类推。

[0047] 由于光伏支架上的光伏面板400是呈一定倾角阵列排布的，当这种有倾角的平板结构迎风时，一般来说面向风向的前排光伏面板400承受到的风力最大，稍微后排的光伏面板400因为前排已经抵挡了大部分的风力，相对于靠后的光伏面板承受到风力较小。因此可以将每跨光伏支架前排和后排最先承受风荷载的拉杆组件210中的拉杆采用刚性杆。

[0048] 在一些实施例中，图2中的光伏支架包括五排光伏面板400，也包括五排主索单元110。五排主索单元110沿Y向从上往下依次为第一主索单元111、第二主索单元112、第三主索单元、第四主索单元和第五主索单元。第一主索单元111和第二主索单元112之间设置有第一排拉杆组件。第二主索单元112和第三主索单元之间设置有第二排拉杆组件。第三主索单元和第四主索单元之间设置有第三排拉杆组件。第四主索单元和第五主索单元之间设置有第四排拉杆组件。

[0049] 在一些实施例中，多排拉杆组件210包括首排拉杆组件2101、中间排拉杆组件2102和尾排拉杆组件2103。首排拉杆组件2101可以是沿Y向从上往下的第一排拉杆组件210，尾

排拉杆组件2103可以是沿Y向从上往下的最后一排拉杆组件210，中间排拉杆组件2102可以是沿Y向位于第一排拉杆组件210和最后一排拉杆组件210之间的一排或多排拉杆组件210。例如，图2中的一跨光伏支架包括四排拉杆组件210。首排拉杆组件2101可以是沿Y向从上往下的第一排拉杆组件。尾排拉杆组件2103可以是沿Y向从上往下的最后一排(即第四排拉杆组件)。中间排拉杆组件2102可以是位于中间的第二排拉杆组件和第三排拉杆组件。首排拉杆组件2101和尾排拉杆组件2103中的拉杆采用刚性杆，中间排拉杆组件2102的拉杆采用柔性杆。刚性杆的材料弹模比柔性杆高，则相应的稳定性高抗风振能力强。柔性杆的材料成本比刚性杆低，因此在能满足整体光伏支架的抗风振能力的基础上，可以灵活的选择中间几排的拉杆组件采用柔性杆以降低整体成本投入。

[0050] 在一些实施例中，光伏支架可以包括五排以上的光伏面板400。例如，光伏支架可以包括七排光伏面板400，则相应的包括六排拉杆组件210。一个光伏支架中光伏面板400越多承受的风载荷越大，因此需要更好的抗风振能力。该光伏支架可以是首两排拉杆组件(例如，沿Y向从上往下的前两排拉杆组件)的拉杆采用刚性杆，尾两排拉杆组件(例如，沿Y向从上往下的最后两排拉杆组件)的拉杆采用钢性杆。除了首两排和尾两排的拉杆组件以外的中间排拉杆组件均采用柔性杆。

[0051] 在一些实施例中，在大跨度的池塘、地质条件复杂的山区、污水收集池上方等地区，光伏支架还可以包括更多排的光伏面板400。因此多排拉杆组件210的材料选择可以根据现场实际需求来具体选择首尾若干排拉杆组件中拉杆的材料，例如，可以是首一排尾两排、首两排尾一排、首三排尾三排等拉杆组件中拉杆采用刚性杆。

[0052] 在一些实施例中，首排拉杆组件2101和尾排拉杆组件2103中的刚性杆选用材料弹模为90~400GPa的刚性材料，中间排拉杆组件2102的柔性杆选用材料弹模为16 ~ 19GPa。在一些实施例中，刚性杆可以采用冷弯薄壁钢管、铝合金管或复合管材等。柔性杆可以采用普通钢丝绳或钢绞线等。在一些实施例中，首排拉杆组件2101和尾排拉杆组件2103中的刚性杆可以选用材料弹模为20.600GPa的钢材。在一些实施例中，首排拉杆组件2101和尾排拉杆组件2103中的刚性杆可以选用材料弹模为72GPa的铝合金管。

[0053] 在一些实施例中，参见图2，光伏支架上的多列拉杆组件210沿纵向延伸并沿横向间隔设置。每排拉杆组件210包括若干个拉杆单元211。沿横向若干个拉杆单元211设置在相邻两个主索单元110之间。沿纵向若干个拉杆单元211首尾相连组成一列拉杆组件210。图2中展示了五个主索单元110，则一列拉杆组件210是由四个拉杆单元211沿纵向首尾相连组成。

[0054] 拉杆单元211可以是抗风模块200中最小的单元，若干个拉杆单元211首尾相连组成一列拉杆组件210，若干列拉杆组件210沿横向间隔设置组成了整个抗风模块200。

[0055] 图4是根据本说明书另一些实施例所示的光伏支架系统的立体结构示意图；图5是图4中C处的放大示意图；图6A是根据本说明书另一些实施例所示的拉杆单元的示意图；图6B是根据本说明书另一些实施例所示的另一拉杆单元的示意图。

[0056] 在一些实施例中，参见图4、图5，主索承重模块100的每个主索单元110包括三根拉索，即每个主索单元110可以包括第一主索、第二主索和稳定索三根拉索。例如，图4中的第一主索单元111包括第一主索A1111、第二主索A1112和稳定索A1113，第二主索单元112包括第一主索B1121、第二主索B1122和稳定索B1123。

[0057] 每个主索单元110中的稳定索(例如稳定索A1113)可以设置在同单元的第一主索(例如第一主索A1111)和第二主索(例如第二主索A1112)垂直方向的下方,相应的拉杆单元连接相邻两个主索单元110的第一主索、第二主索和稳定索,以增加整个光伏支架的稳定性及抗风振能力。在一些实施例中,每个主索单元110中的稳定索在垂直方向上基本保持高度一致。

[0058] 在一些实施例中,稳定索可以与第一主索和第二主索平行设置。稳定索的两端分别固定在对应端的组件安装模块300上。

[0059] 在一些实施例中,拉杆单元211包括第一拉杆子单元211-1。第一拉杆子单元211-1的顶点分别位于第一主索单元111的第一主索A1111、第二主索A1112,以及第二主索单元112的第一主索B1121或第二主索B1122上,形成具有稳定性的三角形结构。

[0060] 在一些实施例中,参见图6A,第一拉杆子单元211-1的顶点分别位于第一主索单元111的第一主索A1111、第二主索A1112,以及第二主索单元112的第二主索B1122上。

[0061] 在一些实施例中,参见图6A、图6B,第一拉杆子单元211-1包括第一子拉杆211-11、第二子拉杆211-12和第三子拉杆211-13。其中,第一子拉杆211-11可以设置在第一主索单元111中的第一主索A1111和第二主索A1112之间。第二子拉杆211-12可以设置在第一主索单元111中的第一主索A1111与第二主索单元112中的第二主索B1122之间。第三子拉杆211-13可以设置在第一主索单元111中的第二主索A1112与第二主索单元112中的第二主索B1122之间。第一子拉杆211-11、第二子拉杆211-12和第三子拉杆211-13首尾相连形成稳定的三角形结构。该实施例中,第一子拉杆211-11的两个端点分别与第一主索单元111中的第一主索A1111和第二主索A1112连接,光伏面板400安装在第一主索A1111和第二主索A1112上。因此第一子拉杆211-11与光伏面板400的倾斜角度相同,第二子拉杆211-12和第三子拉杆211-13均位于光伏面板400的背板下方。第一子拉杆211-11的三根拉杆对光伏面板400几乎没有遮挡,可以有效提高光伏面板400对太阳光线的采集率。

[0062] 在一些实施例中,参见图6A、图6B,拉杆单元211还包括第二拉杆子单元211-2。第二拉杆子单元211-2的顶点分别在第一主索单元111的第二主索A1112、稳定索A1113和第二主索单元112的第二主索B1122上,形成具有稳定性的三角形结构。

[0063] 在一些实施例中,参见图6A、图6B,第二拉杆子单元211-2包括第四子拉杆211-21和第五子拉杆211-22;其中,第四子拉杆211-21,设置在第一主索单元111中的第二主索A1112和稳定索A1113之间;第五子拉杆211-22,设置在第一主索单元111中的稳定索A1113和第二主索单元112中的第二主索B1122之间;第三子拉杆211-13、第四子拉杆211-21和第五子拉杆211-22首尾相连形成三角形结构。第一拉杆子单元211-1和第二拉杆子单元211-2组合在一起形成一个四边形。其中,第三子拉杆211-13作为第一拉杆子单元211-1和第二拉杆子单元211-2的共用拉杆,第一拉杆子单元211-1位于第三子拉杆211-13的上方,第二拉杆子单元211-2位于第三子拉杆211-13的下方。

[0064] 在一些实施例中,参见图6A,稳定索(例如,稳定索1113)位于同一个主索单元(例如,第一主索单元111)中的第一主索(例如,第一主索A1111)的正下方。且在垂直方向上,第一主索到第三子拉杆211-13与稳定索到第三子拉杆211-13的距离相等,因此第一拉杆子单元211-1和第二拉杆子单元211-2是以第三子拉杆211-13为对称线上下对称的两个三角形结构。由对称的三角形组成的平行四边形结构的稳定性较高,当光伏面板400受到风力作用

产生位移或振动时，上下两个三角形可以相互借力以实现较强的抗风振能力，可以有效缓解光伏面板400的位移或振动。

[0065] 在一些实施例中，参见图6B，第四子拉杆211-21与第二子拉杆211-12平行设置且长度相等，则第五子拉杆211-22与第一子拉杆211-11平行设置且长度相等。因此，第一拉杆子单元211-1和第二拉杆子单元211-2组成一个平行四边形。

[0066] 在一些实施例中，参见图6A、图6B，第二拉杆子单元211-2还包括第六子拉杆211-23。第六子拉杆211-23可以设置在第一主索单元111中的稳定索A1113和第二主索单元112中的稳定索B1123之间。第六子拉杆211-23与第三子拉杆211-13平行设置且长度相等，因此，第三子拉杆211-13、第四子拉杆211-21、第五子拉杆211-22、第六子拉杆211-23以及相邻的另一个第二拉杆子单元211-2的第四子拉杆211-21组成由两个三角形组成的一个平行四边形结构。第六子拉杆211-23主要用于进一步增强拉杆单元211的稳定性，以增强整体光伏支架的抗风振能力。

[0067] 在一些实施例中，参见图6A，拉杆单元211可以包括第一子拉杆211-11、第二子拉杆211-12、第三子拉杆211-13、第四子拉杆211-21、第五子拉杆211-22和第六子拉杆211-23六根拉杆组成。该实施例中，一个拉杆单元211和相邻的另一个拉杆单元211第四子拉杆211-21形成三个尺寸相同的三角形并拼接成一个封闭形稳定结构，该稳定结构中包括一个三角形以及一个平行四边形，稳定性好，抗风振能力强。

[0068] 在一些实施例中，参见图6B，拉杆单元211可以包括第一子拉杆211-11、第二子拉杆211-12、第三子拉杆211-13、第四子拉杆211-21、第五子拉杆211-22和第六子拉杆211-23六根拉杆组成。该实施例中，一个拉杆单元211和相邻的另一个拉杆单元211第四子拉杆211-21形成三个尺寸相同的三角形并拼接成一个封闭形稳定结构。该稳定结构中包括两个平行四边形，稳定性更好。

[0069] 在一些实施例中，一列拉杆组件210是由多个拉杆单元211首尾相连组成。图6A、图6B仅示意了两个相邻的拉杆单元211。在一些实施例中，参见图4，一列拉杆组件210的尾端最后一个主索单元的第一主索、第二主索和稳定索之间设置三根拉杆组成一个三角形结构，以确保整列拉杆组件210的结构完整性。

[0070] 图7是图4中D处的放大示意图，展示了拉杆单元211中各个拉杆与索的连接方式。

[0071] 在一些实施例中，拉杆通过节点固定件220与索(可以第一主索、第二主索或稳定索)固定连接。如图7所示，节点固定件220包括相对设置的第一索夹221和第二索夹222。第一索夹221靠近第二索夹222的一侧设有第一容纳槽，第一索夹221的另一侧设有第一凸耳2211。第二索夹222靠近第一索夹221的一侧设有与第一容纳槽相对应的第二容纳槽，第二索夹222的另一侧设有第二凸耳2221。索夹设在第一索夹221与第二索夹222之间且位于第一容纳槽和第二容纳槽组成的容纳孔内。

[0072] 在一些实施例中，第一索夹221和第二索夹222通过螺栓固定在一起，将索固定在第一索夹221与第二索夹222之间的容纳孔内，防止节点固定件220在索的轴向移动。

[0073] 在一些实施例中，第一凸耳2211和第二凸耳2221都开设有安装孔，安装孔的轴线与索的延伸方向平行。多根拉杆可以通过螺栓固定在第一凸耳2211或第二凸耳2221上。

[0074] 在一些实施例中，节点固定件220上需要连接多根拉杆。参见图6B中，在一些实施例中，一部分节点固定件220处需要连接两根拉杆，例如第一子拉杆211-11和第二子拉杆

211-12在第一主索A1111处的节点固定件220。在一些实施例中，一部分节点固定件220处需要连接三根拉杆，例如，第四子拉杆211-21、第五子拉杆211-22和第六子拉杆211-23在稳定索A1113处的节点固定件220。在一些实施例中，一部分节点固定件220处需要连接四根拉杆，例如，第四子拉杆211-21、第五子拉杆211-22和相邻的两根第六子拉杆211-23在稳定索B1123处的节点固定件220。在一些实施例中，一部分节点固定件220处需要连接六根拉杆，例如，第二子拉杆211-12、第三子拉杆211-13、第五子拉杆211-22以及相邻的另一个拉杆单元211的第一子拉杆211-11、第三子拉杆211-13、第四子拉杆211-21在第二主索B1122处的节点固定件220。

[0075] 在一些实施例中，拉杆单元211中的多根拉杆，可以采用圆管结构，也可以采用方管或长方形管结构。在一些实施例中，拉杆单元211中的多根拉杆的径向尺寸规格不大于30mm。例如，当拉杆采用圆管时，各个拉杆的直径不大于30mm。又例如，当拉杆采用方管或长方形管时，各个拉杆的边长或长宽尺寸不大于30mm。

[0076] 在一些实施例中，拉杆单元211中的多根拉杆的长细比可以均不大于200，轴心受拉长细比不大于400。杆件的长细比是判断其稳定性的标准之一，本实施例所提供的拉杆稳定性高，以使多根拉杆组成的拉杆单元211抗风振能力强。

[0077] 图8是根据本说明书一些实施例所示的光伏支架系统的局部结构示意图，主要展示了稳定索与组件安装模块300的连接方式。

[0078] 在一些实施例中，稳定索的两端可以分别固定在横梁310或立柱320上。稳定索与横梁310或立柱320的连接方式，可以参见上文中第一主索110-1和第二主索110-2与横梁310或立柱320的连接方式，在此不再赘述。

[0079] 在一些实施例中，稳定索的两端可以通过斜拉330锚固在桩基或地面上。在一些实施例中，斜拉330可以使用拉索或者拉杆，一端通过地锚锚固在桩基上，另一端锚固在横梁310或者立柱320上。在一些实施例中，参见图9A，斜拉330两端可以是固定的，即安装时对斜拉330施加一定的预应力后两端端部固定。在一些实施例中，斜拉330的应力可调节。参见图9B，斜拉330的端部可以安装应力可调装置331，可以通过应力可调装置331调整斜拉330的应力。在一些实施例中，斜拉330的应力可调装置331可以类似螺杆结构，可以通过螺杆的旋紧或者旋松来调整应力。

[0080] 在一些实施例中，参见图10，稳定索与拉杆单元211的结点处设置稳定索固定杆340。稳定索固定杆340的上端与结点连接，下端锚固在地面或桩基上。在一些实施例中，稳定索固定杆340的延伸方向位于拉杆单元211形成的平面上。稳定索固定杆340的增设，可以增强拉杆单元211的稳定性，用于对抗光伏面板400在风力作用下的上下晃动。

[0081] 在一些实施例中，稳定索固定杆340包括阻尼器350。稳定索固定杆340的下端通过阻尼器350固连在地面或桩基上。

[0082] 阻尼器350是以提供运动的阻力，耗减运动能量的装置。阻尼器350可以进一步增强拉杆单元211的稳定性，以实现提高整体光伏支架的抗风振能力。

[0083] 本说明书实施例可能带来的有益效果包括但不限于：(1)本说明书中的抗风模块结构简单有效，可以增强主索承重模块的稳定性，提高整个光伏支架的抗风振能力；(2)抗风模块位于光伏面板的背板下方，对光伏面板几乎没有遮挡，可以有效提高光伏面板对太阳光线的采集率；(3)首排拉杆组件和尾排拉杆组件采用刚性杆，中间排拉杆组件采用柔性

杆，即能保证整个光伏支架的抗风振能力又能降低结构成本；(4)一些实施例中，第一主索锚固在横梁上，第二主索锚固在立柱上，可以减少横梁受力，进一步降低结构成本。

[0084] 需要说明的是，不同实施例可能产生的有益效果不同，在不同的实施例里，可能产生的有益效果可以是以上任意一种或几种的组合，也可以是其他任何可能获得的有益效果。

[0085] 上文已对基本概念做了描述，显然，对于本领域技术人员来说，上述详细披露仅仅作为示例，而并不构成对本说明书的限定。虽然此处并没有明确说明，本领域技术人员可能会对本说明书进行各种修改、改进和修正。该类修改、改进和修正在本说明书中被建议，所以该类修改、改进、修正仍属于本说明书示范实施例的精神和范围。

[0086] 同时，本说明书使用了特定词语来描述本说明书的实施例。如“一个实施例”、“一实施例”、和/或“一些实施例”意指与本说明书至少一个实施例相关的某一特征、结构或特点。因此，应强调并注意的是，本说明书中在不同位置两次或多次提及的“一实施例”或“一个实施例”或“一个替代性实施例”并不一定是指同一实施例。此外，本说明书的一个或多个实施例中的某些特征、结构或特点可以进行适当的组合。

[0087] 此外，除非权利要求中明确说明，本说明书所述处理元素和序列的顺序、数字字母的使用、或其他名称的使用，并非用于限定本说明书流程和方法的顺序。尽管上述披露中通过各种示例讨论了一些目前认为有用的实施例，但应当理解的是，该类细节仅起到说明的目的，附加的权利要求并不仅限于披露的实施例，相反，权利要求旨在覆盖所有符合本说明书实施例实质和范围的修正和等价组合。例如，虽然以上所描述的系统组件可以通过硬件设备实现，但是也可以只通过软件的解决方案得以实现，如在现有的服务器或移动设备上安装所描述的系统。

[0088] 同理，应当注意的是，为了简化本说明书披露的表述，从而帮助对一个或多个实施例的理解，前文对本说明书实施例的描述中，有时会将多种特征归并至一个实施例、附图或对其的描述中。但是，这种披露方法并不意味着本说明书对象所需要的特征比权利要求中提及的特征多。实际上，实施例的特征要少于上述披露的单个实施例的全部特征。

[0089] 一些实施例中使用了描述成分、属性数量的数字，应当理解的是，此类用于实施例描述的数字，在一些示例中使用了修饰词“大约”、“近似”或“大体上”来修饰。除非另外说明，“大约”、“近似”或“大体上”表明所述数字允许有±20%的变化。相应地，在一些实施例中，说明书和权利要求中使用的数值参数均为近似值，该近似值根据个别实施例所需特点可以发生改变。在一些实施例中，数值参数应考虑规定的有效数位并采用一般位数保留的方法。尽管本说明书一些实施例中用于确认其范围广度的数值域和参数为近似值，在具体实施例中，此类数值的设定在可行范围内尽可能精确。

[0090] 针对本说明书引用的每个专利、专利申请、专利申请公开物和其他材料，如文章、书籍、说明书、出版物、文档等，特此将其全部内容并入本说明书作为参考。与本说明书内容不一致或产生冲突的申请历史文件除外，对本说明书权利要求最广范围有限制的文件(当前或之后附加于本说明书中的)也除外。需要说明的是，如果本说明书附属材料中的描述、定义、和/或术语的使用与本说明书所述内容有不一致或冲突的地方，以本说明书的描述、定义和/或术语的使用为准。

[0091] 最后，应当理解的是，本说明书中所述实施例仅用以说明本说明书实施例的原则。

其他的变形也可能属于本说明书的范围。因此，作为示例而非限制，本说明书实施例的替代配置可视为与本说明书的教导一致。相应地，本说明书的实施例不仅限于本说明书明确介绍和描述的实施例。

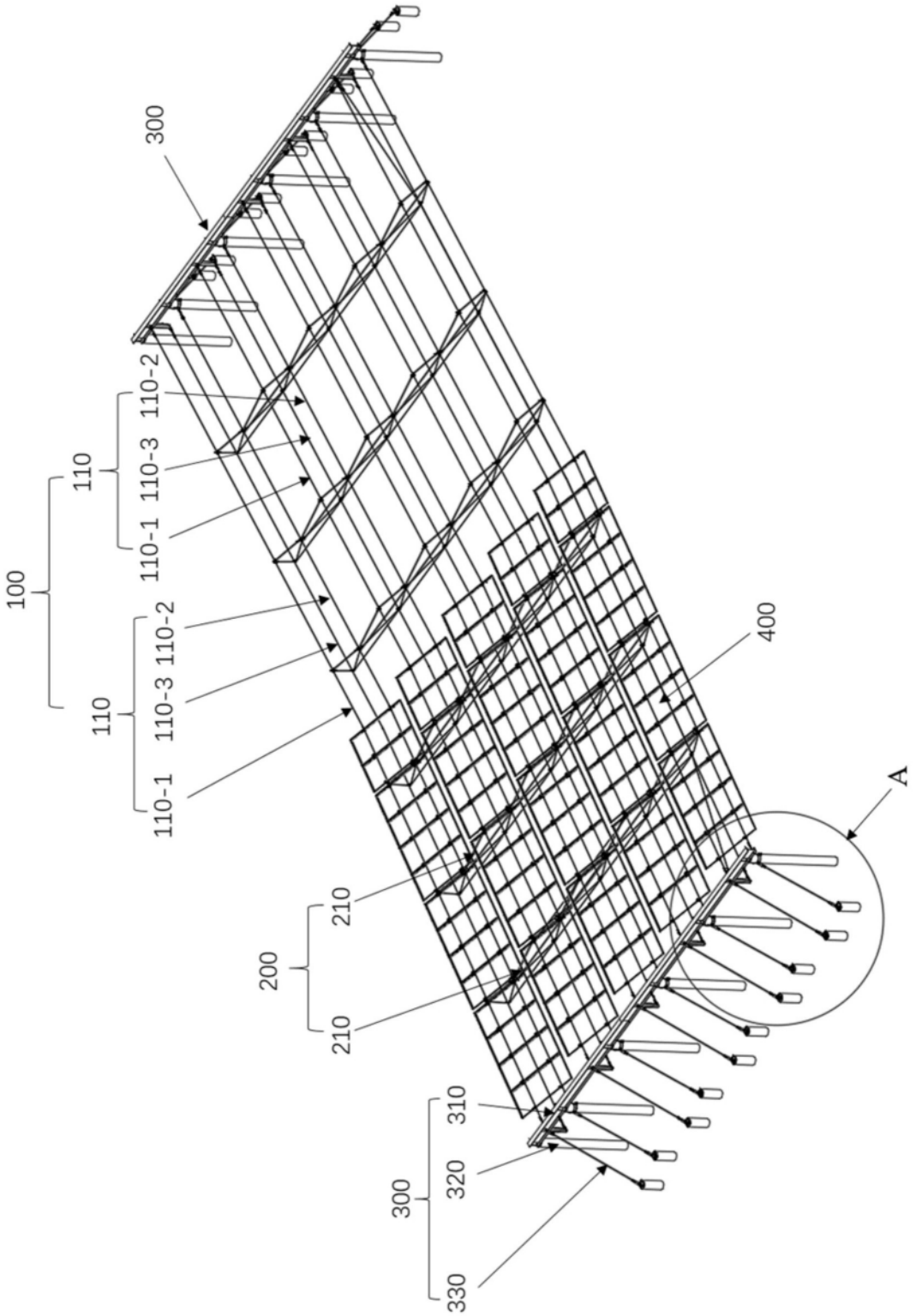

300
110-2
110-3
110-1
110
100
110-2
110-3
110-1
110
400
A
210
200
210
310
320
300
330

图1

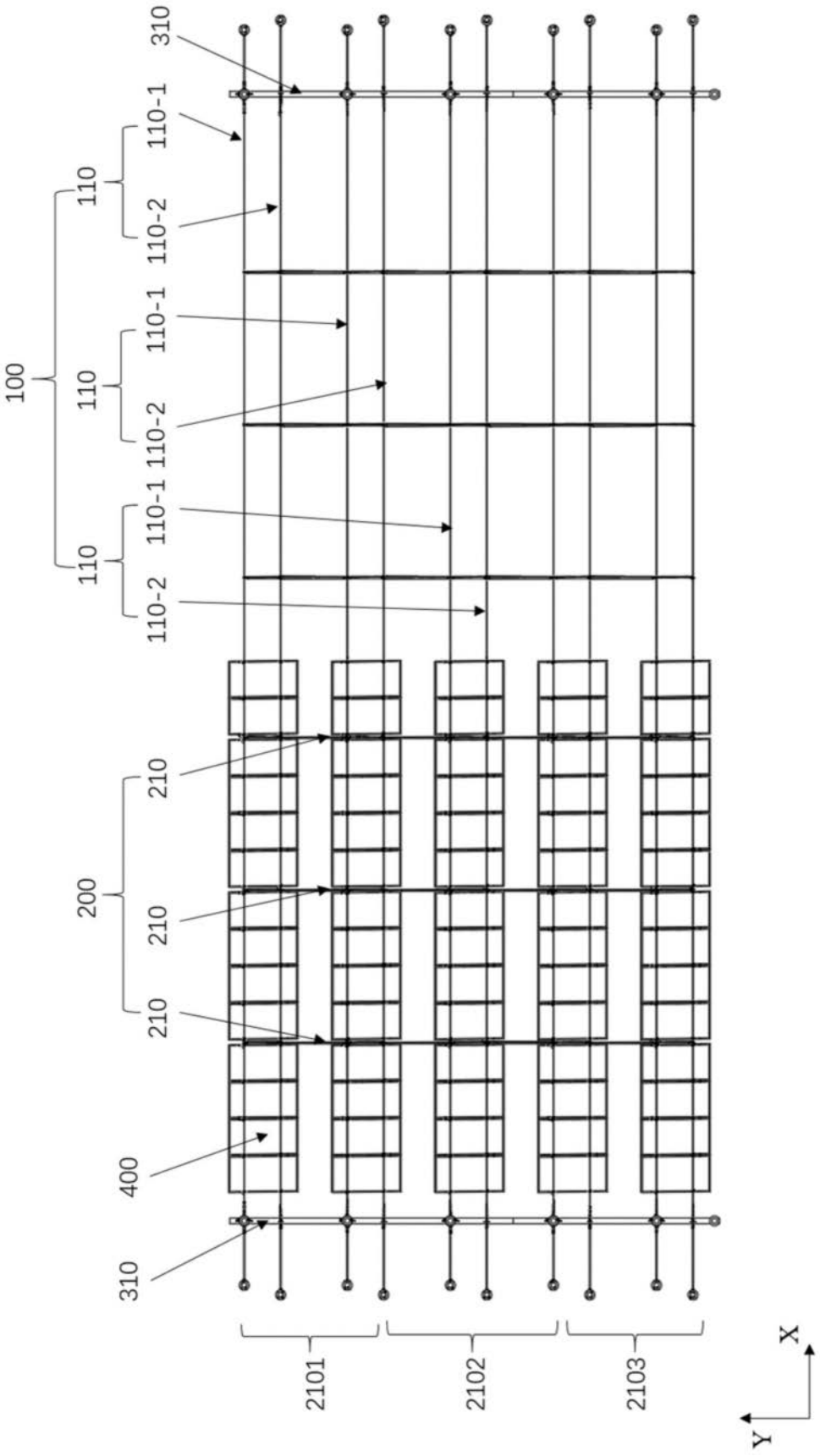

310
110-1
110
110-2
110-1
100
110
110-2
110-1
110
110-2
210
200
210
210
400
310
2101
2102
2103
X
Y

图2

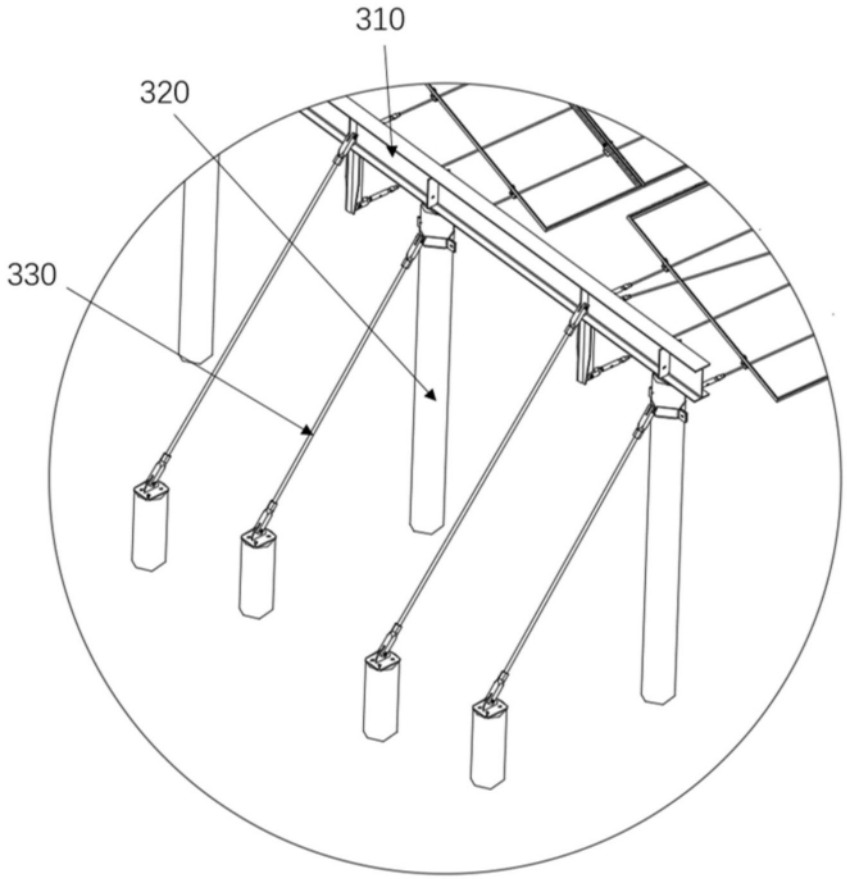



图3

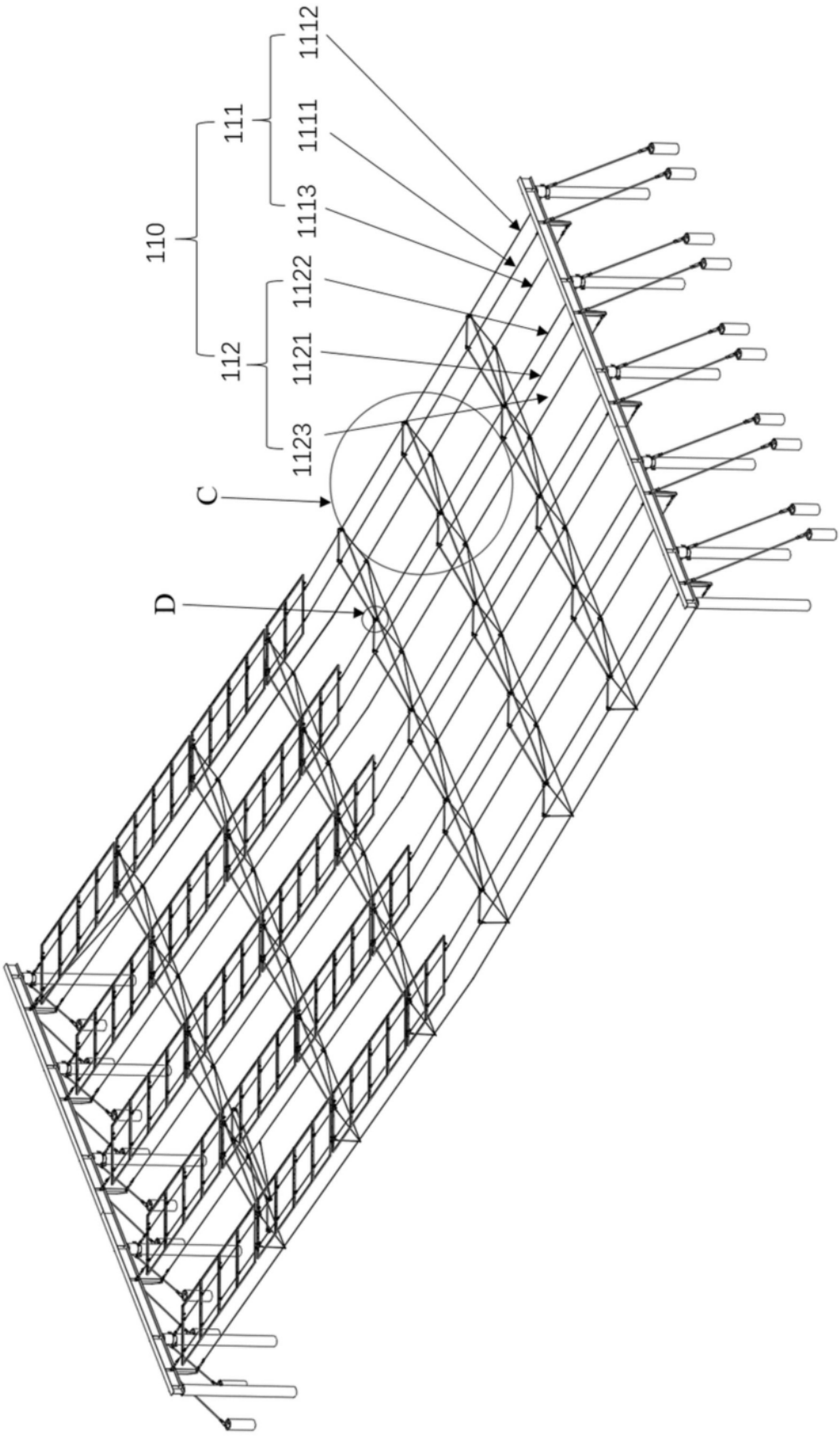



图4

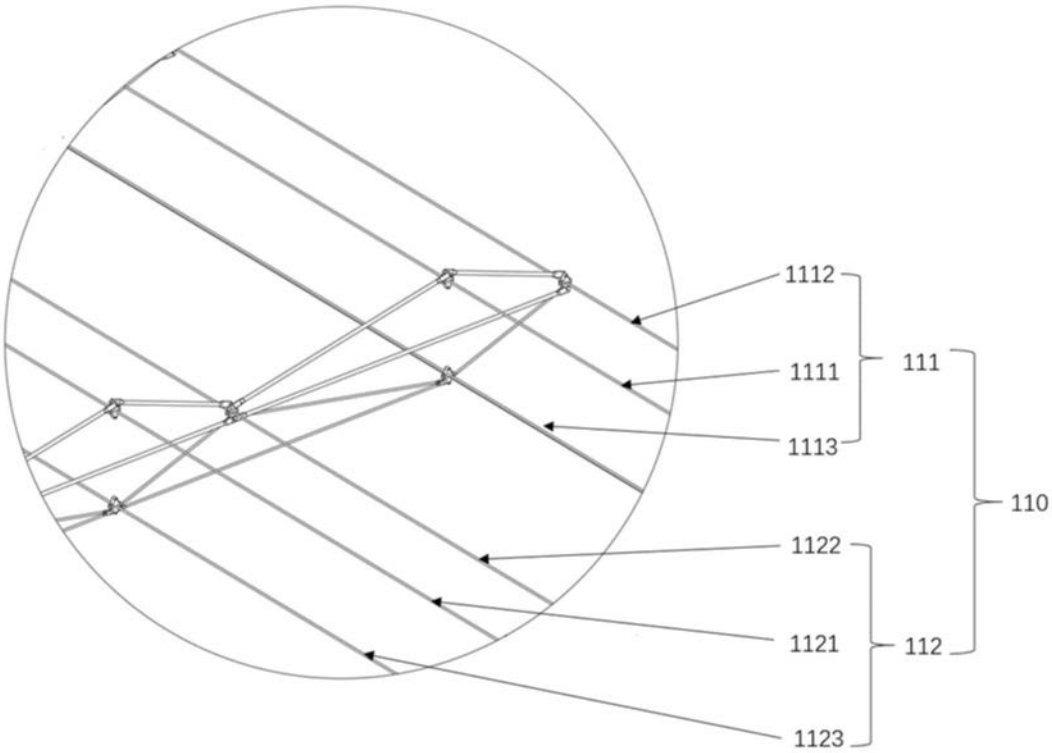

1112
1111
1113
111
110
1122
1121
1123
112

图5

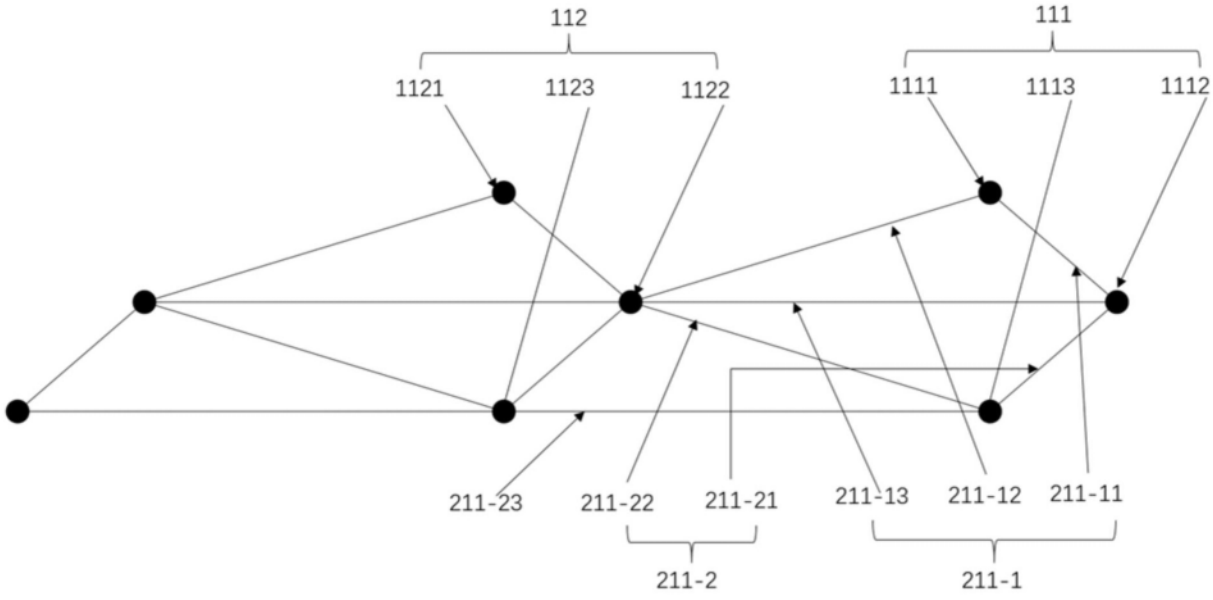

112
1121
1123
1122
111
1111
1113
1112
211-23
211-22
211-21
211-13
211-12
211-11
211-2
211-1

图6A

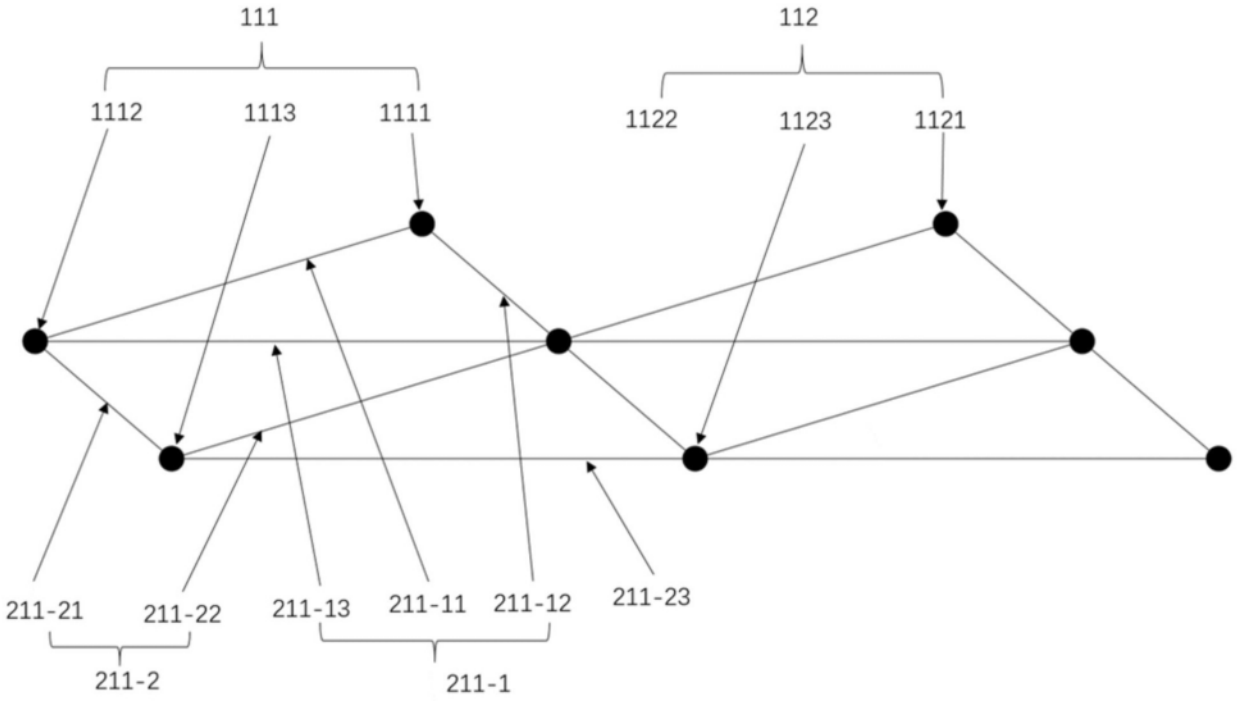

111
112
1112
1113
1111
1122
1123
1121
211-21
211-22
211-13
211-11
211-12
211-23
211-2
211-1

图6B

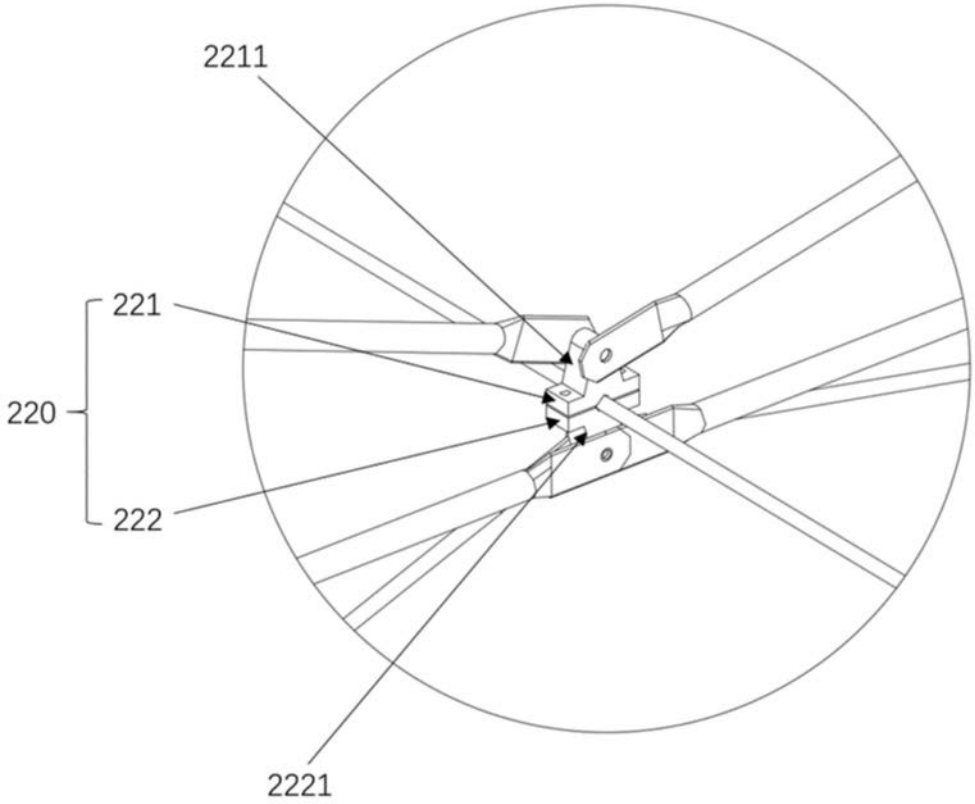

2211
221
220
222
2221

图7

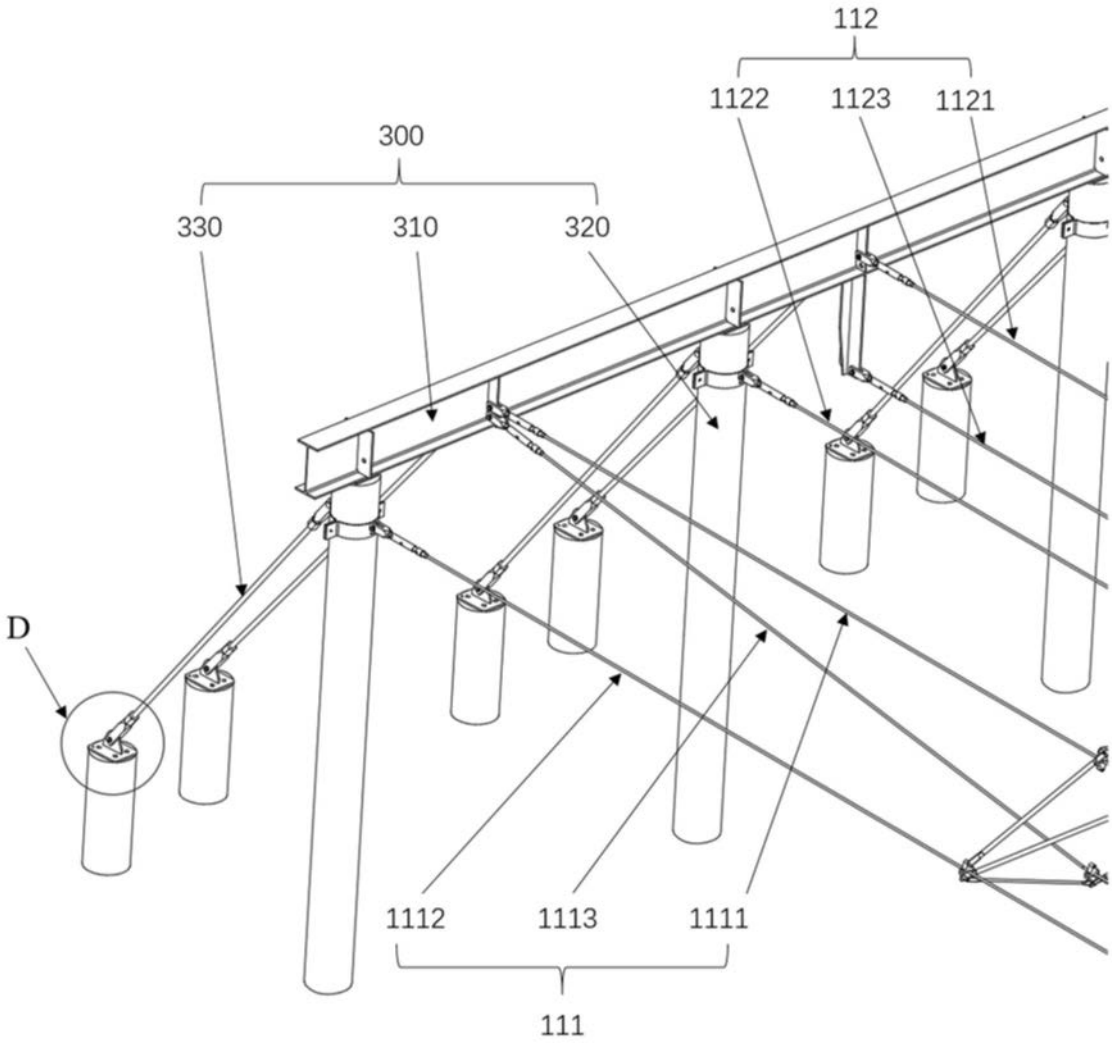



图8

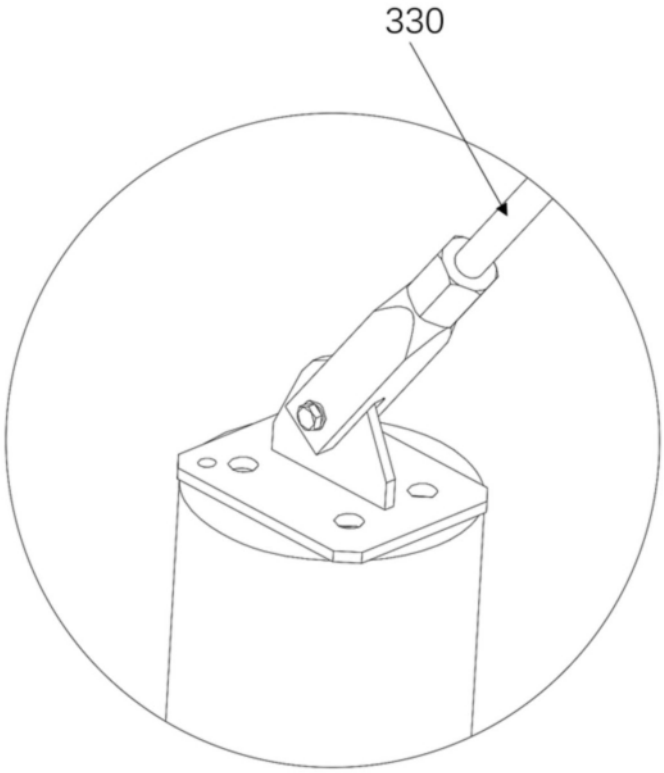



图9A

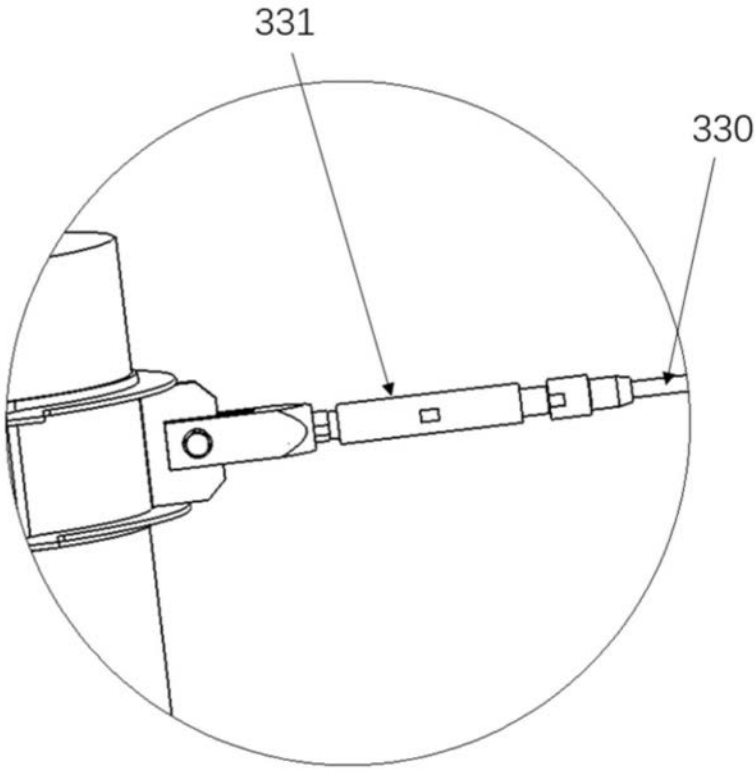



图9B

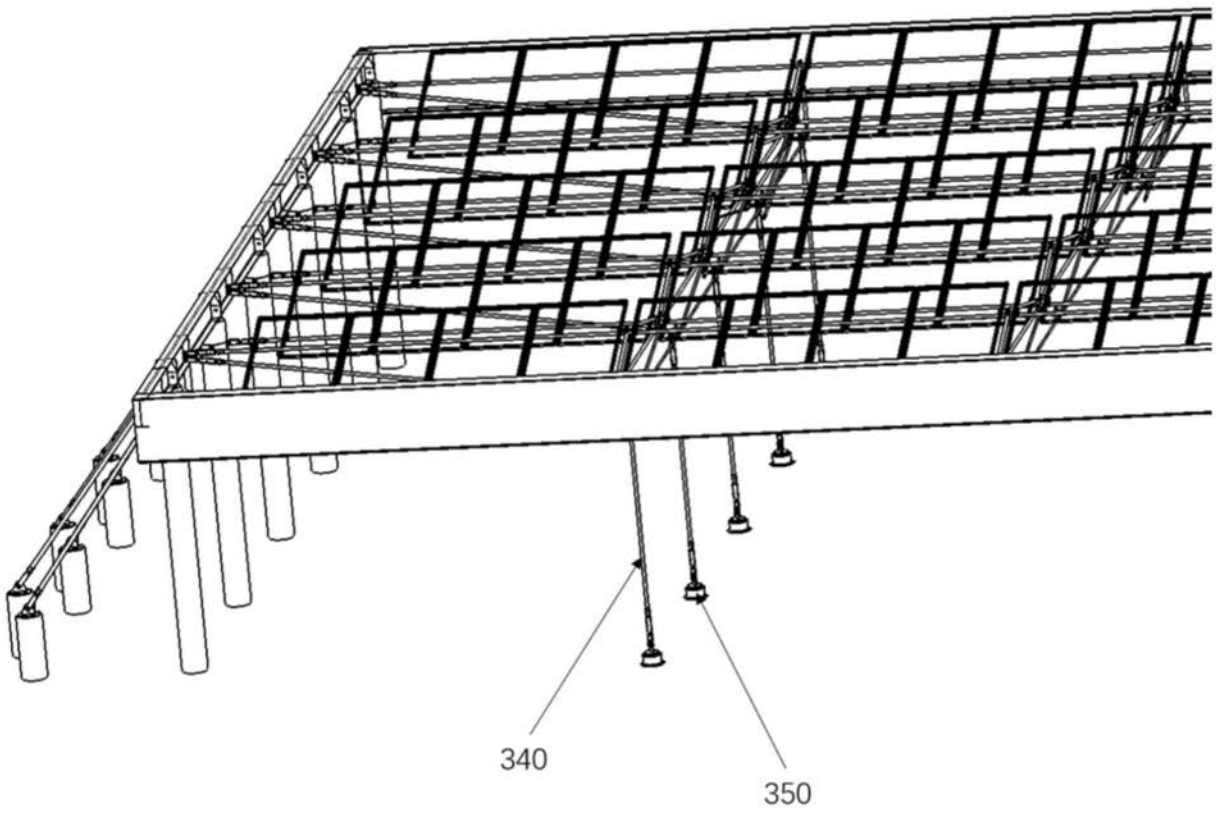



图10