



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118877138 A

(43) 申请公布日 2024. 11. 01

(21) 申请号 202411024583.1

H02S 20/30 (2014.01)

(22) 申请日 2024.07.29

B63B 21/50 (2006.01)

B63B 43/06 (2006.01)

(71) 申请人 中交四航工程研究院有限公司

地址 510540 广东省广州市白云区北太路
1633号广州民营科技园科盛路8号配
套服务大楼5层A505-398房

申请人 中交第四航务工程局有限公司

(72) 发明人 左华楠 林美鸿 王雪刚 温承永
沈文耿(74) 专利代理机构 广州万研知识产权代理事务
所(普通合伙) 44418

专利代理师 刘茂龙

(51) Int. Cl.

B63B 35/44 (2006.01)

H02S 20/00 (2014.01)

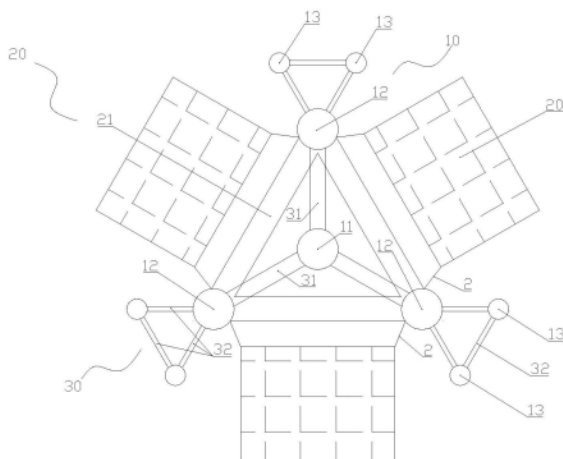
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种组合式海上光伏风电平台基础

(57) 摘要

本发明提出了一种组合式海上光伏风电平台基础,属于海洋工程技术领域。本发明基础结构包括悬浮系统,悬浮系统包括悬浮结构,悬浮结构包括中心浮筒、主浮筒和子浮筒,以中心浮筒为中心通过若干个第二桁架连接对应的若干主浮筒,若干主浮筒两两之间通过第一桁架连接围合形成装配式桁架结构,每一主浮筒通过所述第三桁架连接若干子浮筒;漂浮式光伏板系统包括光伏板、主浮子和二级浮子,主浮子通过升降杆调节和支撑光伏板,两个主浮子之间通过二级浮子进行柔性连接;光伏板的两侧分别通过系缆绳与主浮筒连接。本发明组合式海上光伏风电平台基础设计,不仅提高了发电效率和经济效益,还增强了结构的稳定性和安全性,实现了能量互补和连续供电。



1. 一种组合式海上光伏风电平台基础,其特征在于,该基础结构包括:

悬浮系统,包括悬浮结构,所述悬浮结构通过装配式桁架和塔筒桁架连接而成;所述装配式桁架,包括第一桁架;所述塔筒桁架,包括第二桁架和第三桁架;所述悬浮结构包括中心浮筒、主浮筒和子浮筒,以中心浮筒为中心通过若干个第二桁架连接对应的若干主浮筒,若干主浮筒两两之间通过所述第一桁架连接围合形成所述装配式桁架结构,每一所述主浮筒通过所述第三桁架连接若干所述子浮筒;

漂浮式光伏板系统,包括光伏板、主浮子和二级浮子,所述主浮子通过升降杆调节和支撑光伏板,两个所述主浮子之间通过所述二级浮子进行柔性连接;所述光伏板的两侧分别通过系缆绳与所述主浮筒连接;

系泊系统,包括悬链线和吸力锚,所述主浮筒作为系泊系统的支点,每一所述主浮筒通过悬链线与锚固在海床的吸力锚连接。

2. 根据权利要求1所述的一种组合式海上光伏风电平台基础,其特征在于:所述悬浮结构中一个所述中心浮筒匹配三个所述主浮筒,所述主浮筒为混凝土圆筒型或多边形结构。

3. 根据权利要求1所述的一种组合式海上光伏风电平台基础,其特征在于:单个所述第二桁架将主浮筒与中心浮筒连接,所述主浮筒的一侧均通过所述第二桁架与所述中心浮筒连接,其另一侧通过所述第三桁架连接两个所述子浮筒,两个所述子浮筒之间通过所述第三桁架连接,所述主浮筒与两个子浮筒通过第三桁架连接形成三角形结构,整体形成所述塔筒桁架结构。

4. 根据权利要求3所述的一种组合式海上光伏风电平台基础,其特征在于:所述子浮筒为柱形结构,每个所述主浮筒的外侧对称布置两个所述子浮筒,所述子浮筒的顶部和底部由钢杆相连,通过注水自浮和排水起浮。

5. 根据权利要求1所述的一种组合式海上光伏风电平台基础,其特征在于:所述第一桁架、第二桁架和第三桁架均为钢架结构。

6. 根据权利要求1所述的一种组合式海上光伏风电平台基础,其特征在于:还包括压载系统,所述压载系统包括压载舱和压载泵,所述主浮筒采用混凝土预制,多层混凝土对称分隔布置,分隔布置的空间作为所述压载舱,子浮筒内的空间也作为所述压载舱,所述压载舱通过压载管路与所述压载泵连接形成所述压载系统。

7. 根据权利要求1所述的一种组合式海上光伏风电平台基础,其特征在于:还包括控制系统,所述控制系统包括监测元件、控制单元和工作站,所述监测元件用于监测风速风向的海洋气象信息以及对应的光照状态信息,并将信息状态发送至设置在陆上的所述工作站,所述控制单元与系缆绳、系泊系统及光伏板电性连接。

8. 根据权利要求1-7所述的一种组合式海上光伏风电平台基础的倾角调控方法,其特征在于包括以下步骤:

S1预判平台倾角:获取海上风浪流环境数据,所述风浪流环境数据包括风速、风向、波浪高度、周期和水流速度,并通过控制系统的计算机计算出风浪流荷载,并预判平台将产生的倾角,同时实时监测平台倾角;

S2预设平台基础的倾角阈值:根据步骤S1预判的平台倾角,通过控制单元对平台预先微调一定的角度,且保证不超出平台基础的倾角阈值;

S3监测平台倾角和调控:当监测单元平台倾角超出倾角阈值时,通过力矩平衡方程计

算得到子浮筒的注水量或排水监测量,根据注水量或排水量对子浮筒进行注水或排水,改变子浮筒的浮力;

S4光伏板的调整:监测元件获取海上光照角度变化以及海上风浪信息,根据获取的数据和信息控制系统缆绳的收放,同时通过升降杆调整光伏板的角度。

一种组合式海上光伏风电平台基础

技术领域

[0001] 本发明涉及海洋工程技术领域,具体而言,涉及一种组合式海上光伏风电平台基础。

背景技术

[0002] 在全球对可再生能源需求急剧增长的背景下,海上风电场因其独特的地理位置优势、丰富的海洋能资源以及不占用土地资源的特点,成为了大规模开发可再生能源的重要方向。海上风电场多选址于靠近高负荷海滨地区,这些地区电力需求大,且风能资源充足,非常适合风电场的布局。然而,尽管海洋能资源潜力巨大,但目前世界对海洋能的开发利用仍处于初级阶段,尤其是在海洋可再生能源的商业化进程中,仍面临着诸多技术、经济和政策上的挑战。

[0003] 近年来,随着国内外科技的不断进步,风力发电技术取得了显著的发展,并呈现出向深海发展的趋势。深海区域风能资源更为丰富且稳定,但同时也伴随着更为复杂多变的气象和水文条件,这对风电设备的设计、制造、安装及运维提出了更高的要求。因此,如何克服深海环境带来的技术难题,实现风力发电技术的深海化应用,是当前海洋能开发利用领域的重要研究方向。

[0004] 与此同时,海上光伏系统作为另一种利用海洋空间发电的可再生能源技术,也受到了广泛的关注。海上光伏系统通过在水面铺设光伏板,将太阳能转化为电能,具有清洁、无污染、资源无限等优点。然而,与海上风电相似,海上光伏系统在远海环境中的应用同样面临着复杂多变的气象和水文条件的挑战。此外,现有技术在远海发电的可行性方面大多停留在理论层面,缺乏实际应用的验证和优化。

[0005] 在现有技术中,虽然已有多种浮式结构被应用于海上光伏系统中,但这些结构在应对远海复杂环境时的稳定性和效率仍需进一步提升。特别是如何在保证光伏板安全稳定运行的同时,实现高效的光电转换和便捷的运维管理,是当前海上光伏系统技术发展的关键问题。

[0006] 综上所述,针对海上风电和海上光伏系统在远海环境中应用的技术难题,亟需提出一种更加完善、高效的海上风电与海上光伏系统解决方案,设计一种适用于远海环境的高效、稳定、易运维的海上风电和光伏一体化系统。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种组合式海上光伏风电平台基础,将海上风电与海上光伏相结合,适用水深50米以上的深远海区域,能大幅提高发电效率利用高密度能量,同时风电大基础结构也为光伏板在海上运作的安全性及稳定性提供了保障,风电与光伏相结合的发电方式提供了可观的经济效益。

[0008] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0009] 一种组合式海上光伏风电平台基础,该基础结构包括:

[0010] 悬浮系统,包括悬浮结构,所述悬浮结构通过装配式桁架和塔筒桁架连接而成;所述装配式桁架,包括第一桁架;所述塔筒桁架,包括第二桁架和第三桁架;所述悬浮结构包括中心浮筒、主浮筒和子浮筒,以中心浮筒为中心通过若干个第二桁架连接对应的若干主浮筒,若干主浮筒两两之间通过所述第一桁架连接围合形成所述装配式桁架结构,每一所述主浮筒通过所述第三桁架连接若干所述子浮筒;

[0011] 漂浮式光伏板系统,包括光伏板、主浮子和二级浮子,所述主浮子通过升降杆调节和支撑光伏板,两个所述主浮子之间通过所述二级浮子进行柔性连接;所述光伏板的两侧分别通过系缆绳与所述主浮筒连接;

[0012] 系泊系统,包括悬链线和吸力锚,所述主浮筒作为系泊系统的支点,每一所述主浮筒通过悬链线与锚固在海床的吸力锚连接。

[0013] 作为本发明的优选技术方案,所述悬浮结构中一个所述中心浮筒匹配三个所述主浮筒,所述主浮筒为混凝土圆筒型或多边形结构。主浮筒作为支撑塔筒桁架的中心节点,结合作为钢架结构的装配式桁架,保证悬浮结构的强度,确保平台的稳定性。

[0014] 作为本发明的优选技术方案,单个所述第二桁架将主浮筒与中心浮筒连接,所述主浮筒的一侧均通过所述第二桁架与所述中心浮筒连接,其另一侧通过所述第三桁架连接两个所述子浮筒,两个所述子浮筒之间通过所述第三桁架连接,所述主浮筒与两个子浮筒通过第三桁架连接形成三角形结构,整体形成所述塔筒桁架结构。

[0015] 进一步地,所述子浮筒为柱形结构,每个所述主浮筒的外侧对称布置两个所述子浮筒,所述子浮筒的顶部和底部由钢杆相连,通过注水自浮和排水起浮。

[0016] 进一步地,所述第一桁架、第二桁架和第三桁架均为钢架结构。悬浮结构布置在水下较深位置,波浪作用小,仅起到对子浮筒的阻尼作用,中心浮筒、三个主浮筒,以及三个主浮筒连接的子浮筒均由钢架结构相连,提高结构整体性。

[0017] 作为本发明的优选技术方案,还包括压载系统,所述压载系统包括压载舱和压载泵,所述主浮筒采用混凝土预制,多层混凝土对称分隔布置,分隔布置的空间作为所述压载舱,子浮筒内的空间也作为所述压载舱,所述压载舱通过压载管路与所述压载泵连接形成所述压载系统。

[0018] 作为本发明的优选技术方案,还包括控制系统,所述控制系统包括监测元件、控制单元和工作站,所述监测元件用于监测风速风向的海洋气象信息以及对应的光照状态信息,并将信息状态发送至设置在陆上的所述工作站,所述控制单元与系缆绳、系泊系统及光伏板电性连接。

[0019] 一种组合式海上光伏风电平台基础的倾角调控方法,包括以下步骤:

[0020] S1预判平台倾角:获取海上风浪流环境数据,所述风浪流环境数据包括风速、风向、波浪高度、周期和水流速度,并通过控制系统的计算机计算出风浪流荷载,并预判平台将产生的倾角,同时实时监测平台倾角;

[0021] S2预设平台基础的倾角阈值:根据步骤S1预判的平台倾角,通过控制单元对平台预先微调一定的角度,且保证不超出平台基础的倾角阈值;

[0022] S3监测平台倾角和调控:当监测单元监测平台倾角超出倾角阈值时,通过力矩平衡方程计算得到子浮筒的注水量或排水量,根据注水量或排水量对子浮筒进行注水或排水,改变子浮筒的浮力;

[0023] S4光伏板的调整:监测元件获取海上光照角度变化以及海上风浪信息,根据获取的数据和信息控制系统缆绳的收放,同时通过升降杆调整光伏板的角度。

[0024] 本发明的有益效果是:

[0025] 1、本发明将海上风电与海上光伏相结合,能够利用海上风电大基础结构的稳定性和支撑力,为光伏板在海上运作提供安全保障,从而大幅提高发电效率,特别是在水深50米以上的深远海区域,能充分利用高密度能量资源。风电与光伏相结合的发电方式,不仅提高了海洋能的利用率,还通过共享基础设施降低了深海发电成本,实现了可观的经济效益。

[0026] 2、本发明悬浮系统采用装配式桁架和塔筒桁架结构,通过中心浮筒、主浮筒和子浮筒的相互连接,形成稳定的三角形结构,大大提高了平台的整体稳定性和抗风浪能力。压载系统的设置,使得平台可以通过调节压载舱的注水量或排水量来应对不同海况,保持平台的平衡和稳定。整体结构设计充分考虑了材料的选择和结构的优化,既保证了结构的强度和稳定性,又节约了资源,降低了建设成本。

[0027] 3、控制系统通过监测元件实时监测风速、风向、波浪高度等海洋气象信息以及平台倾角等状态信息,并通过控制单元对平台进行智能调控,实现了平台的自动化和智能化管理。光伏板的角度可以通过升降杆和系统缆绳的调节来适应光照角度的变化,提高了光伏发电的效率。

[0028] 综上所述,本发明组合式海上光伏风电平台基础设计,不仅提高了发电效率和经济效益,还增强了结构的稳定性和安全性,实现了能量互补和连续供电,同时具备了多功能应用和智能化控制的优势,为深远海区域的可再生能源开发提供了新的解决方案。

附图说明

[0029] 图1为一种组合式海上光伏风电平台基础的结构示意图;

[0030] 图2为一种组合式海上光伏风电平台基础中系泊系统与悬浮系统、漂浮式光伏板系统连接示意图;

[0031] 图3为一种组合式海上光伏风电平台基础中漂浮式光伏板系统的结构示意图;

[0032] 图4为一种组合式海上光伏风电平台基础中漂浮式光伏板系统的另一实施方式的结构示意图;

[0033] 图中:1-海平面、2-系统缆绳、100-悬浮系统、10-悬浮结构、11-中心浮筒、12-主浮筒、13-子浮筒、20-装配式桁架、21-第一桁架、30-塔筒桁架、31-第二桁架、32-第三桁架、200-漂浮式光伏板系统、201-光伏板、202-升降杆、210-主浮子、211-二级浮子、220-甲板、221-浮子、300-系泊系统、301-悬链线、302-吸力锚。

具体实施方式

[0034] 以下结合附图对本发明的具体实施例进行详细说明。应当理解的是此处所给出的具体实施例仅用于说明和解释本发明,并不能用来限制本发明。

[0035] 需要注意的是,在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但是,本发明还可以有其他实施方式以及其变形,因此,本发明的保护范围并不受下面公开的具体实施例的限制。

[0036] 如图1-3所示,一种组合式海上光伏风电平台基础,该基础结构包括:

[0037] 悬浮系统100,包括悬浮结构10,所述悬浮结构10通过装配式桁架20和塔筒桁架30连接而成;所述装配式桁架20,包括第一桁架21;所述塔筒桁架30,包括第二桁架31和第三桁架32;所述悬浮结构10包括中心浮筒11、主浮筒12和子浮筒13,以中心浮筒11为中心通过若干个第二桁架31连接对应的若干主浮筒12,若干主浮筒12两两之间通过所述第一桁架21连接围合形成所述装配式桁架20结构,每一所述主浮筒12通过所述第三桁架32连接若干所述子浮筒13;

[0038] 漂浮式光伏板系统200,包括光伏板201、主浮子210和二级浮子211,所述主浮子210通过升降杆202调节和支撑光伏板201,两个所述主浮子210之间通过所述二级浮子211进行柔性连接;所述光伏板201的两侧分别通过系缆绳2与所述主浮筒12连接;

[0039] 系泊系统300,包括悬链线301和吸力锚302,所述主浮筒12作为系泊系统300的支点,每一所述主浮筒12通过悬链线301与锚固在海床的吸力锚302连接。

[0040] 上述结构中装配式连接桁架利用主浮筒12预留的铰接点,连接临近2个主浮筒12,保证整个半潜式平台基础的传力稳定和运动响应同步;升降杆202的设置用于调节光伏板201的角度,提供最佳角度,提高其能量利用效率;漂浮式光伏板系统200中主浮子210之间通过所述二级浮子211进行柔性连接,保证光伏板201不被其他组件遮挡,通过非刚性连接使系统在海浪中随波浪起伏降低系统内部负载。另外,系缆绳连接光伏板201,保证光伏板201连接整体性通过导轮收放调节光伏板201位置防止风浪对结构造成破坏。

[0041] 本实施例漂浮式光伏板201系统200中的支撑主体为纯浮子结构,如图4所示,另一实施方式利用甲板220和浮子221作为支撑主体,所述甲板220上均布设有若干光伏板201,所述光伏板201通过升降杆202与所述甲板220连接,所述甲板220下方设有若干浮子221,浮于海平面1上。

[0042] 本实施例的优选实施方式,所述悬浮结构10中一个所述中心浮筒11匹配三个所述主浮筒12,所述主浮筒12为混凝土圆筒型或多边形结构。主浮筒12作为支撑塔筒桁架30的中心节点,结合作为钢架结构的装配式桁架20,保证悬浮结构10的强度,确保平台的稳定性。

[0043] 本实施例的优选实施方式,单个所述第二桁架31将主浮筒12与中心浮筒11连接,所述主浮筒12的一侧均通过所述第二桁架31与所述中心浮筒11连接,其另一侧通过所述第三桁架32连接两个所述子浮筒13,两个所述子浮筒13之间通过所述第三桁架32连接,所述主浮筒12与两个子浮筒13通过第三桁架32连接形成三角形结构,整体形成所述塔筒桁架30结构。

[0044] 进一步地,所述子浮筒13为柱形结构,每个所述主浮筒12的外侧对称布置两个所述子浮筒13,所述子浮筒13的顶部和底部由钢杆相连,通过注水自浮和排水起浮。

[0045] 子浮筒13的作用是提高平台整体阻尼,提高抗波浪性能,当浮筒升沉运动时,可利用子浮筒13对其内部进行排水或注水起到阻尼作用,降低子浮筒13的运动响应。

[0046] 进一步地,所述第一桁架21、第二桁架31和第三桁架32均为钢架结构。

[0047] 上述悬浮结构10布置在水下较深位置,波浪作用小,仅起到对子浮筒13的阻尼作用,中心浮筒11、三个主浮筒12,以及三个主浮筒12连接子浮筒13均由钢架结构相连,提高结构整体性。悬浮结构10采用柔性纤维材质按预设的标准尺寸批量制造。基础结构的安

装,在码头将混凝土的主浮筒12通过装配式的连接桁架连接,并安装塔筒桁架30和风机,采用拖航的方式运输到安装地点,悬浮结构10采用船舶运输到现场注水下沉并安装。

[0048] 本实施例的优选实施方式,还包括压载系统,所述压载系统包括压载舱和压载泵,所述主浮筒12采用混凝土预制,多层混凝土对称分隔布置,分隔布置的空间作为所述压载舱,子浮筒13内的空间也作为所述压载舱,所述压载舱通过压载管路与所述压载泵连接形成所述压载系统。

[0049] 本实施例的优选实施方式,还包括控制系统,所述控制系统包括监测元件、控制单元和工作站,所述监测元件用于监测风速风向的海洋气象信息以及对应的光照状态信息,并将信息状态发送至设置在陆上的所述工作站,所述控制单元与系统缆绳2、系泊系统300及光伏板201电性连接。

[0050] 本实施例组合式海上光伏风电平台基础的倾角调控方法,包括以下步骤:

[0051] S1预判平台倾角:获取海上风浪流环境数据,所述风浪流环境数据包括风速、风向、波浪高度、周期和水流速度,并通过控制系统的计算机计算出风浪流荷载,并预判平台将产生的倾角,同时实时监测平台倾角;

[0052] S2预设平台基础的倾角阈值:设定倾角阈值范围 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$,根据步骤S1预判的平台倾角,通过控制单元对平台预先微调一定的角度,且保证不超出平台基础的倾角阈值;

[0053] S3监测平台倾角和调控:当监测单元监测平台倾角超出倾角阈值时,通过力矩平衡方程计算得到子浮筒13的注水量或排水量,根据注水量或排水量对子浮筒13进行注水或排水,改变子浮筒13的浮力;

[0054] S4光伏板201的调整:监测元件获取海上光照角度变化以及海上风浪信息,根据获取的数据和信息控制系统缆绳2的收放,同时通过升降杆202调整光伏板201的角度。

[0055] 上述倾角调控方法,通过控制系统实时监测风速风向、波浪高度、周期和水流速度等海洋气象信息,以及光照状态信息,能够及时调整平台状态,适应不同的海洋环境;通过预判平台倾角并预设倾角阈值,结合子浮筒13的注水和排水调控,实现了对平台倾角的精确控制,提高了平台的安全性和可靠性。通过监测光照角度变化和海上风浪信息,动态调整光伏板201的角度和位置,优化了光伏发电效率和组件的防护。

[0056] 本实施例中组合式海上光伏风电平台基础的结构优化,可以根据海区环境参数,通过整体平台基础在运营工况和极端工况下的环境参数和性能限制条件对悬浮结构10尺寸、主浮筒12尺寸进行多目标优化设计,构建平台基础的影响因素指标体系,从质量分布、整体尺寸和材料造价三方面进行权衡考虑,建立目标函数,确定决策变量和约束条件,构建多目标优化模型,利用多目标优化算法对多目标优化模型进行求解,得到帕累托最优解,通过多目标决策方法从多个最优解中,选择一个解作为最终平台基础设计方案,确保最优解在多个目标之间取得平衡,满足基础结构设计和光伏风电组合工程要求。

[0057] 需要理解的是,上述实施例为本发明的一个或多个实施例,基于本发明还有很多其他实施例及其变形;本行业的普通技术人员在没有作出开拓性的创新的时候,通过本发明进行的变形和修改,均属于本发明的保护范围。

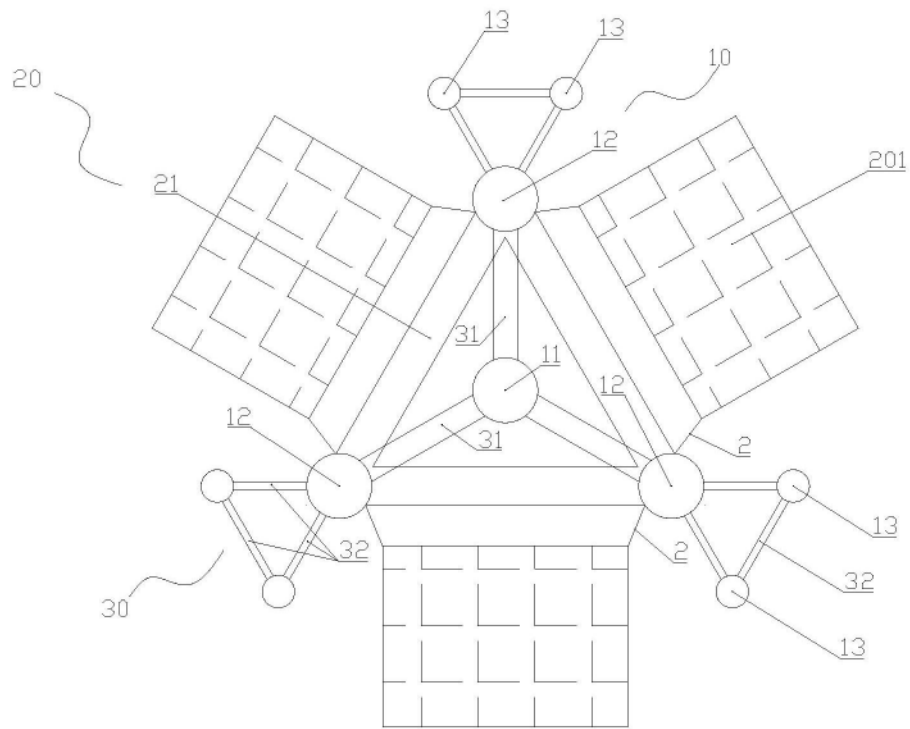


图1

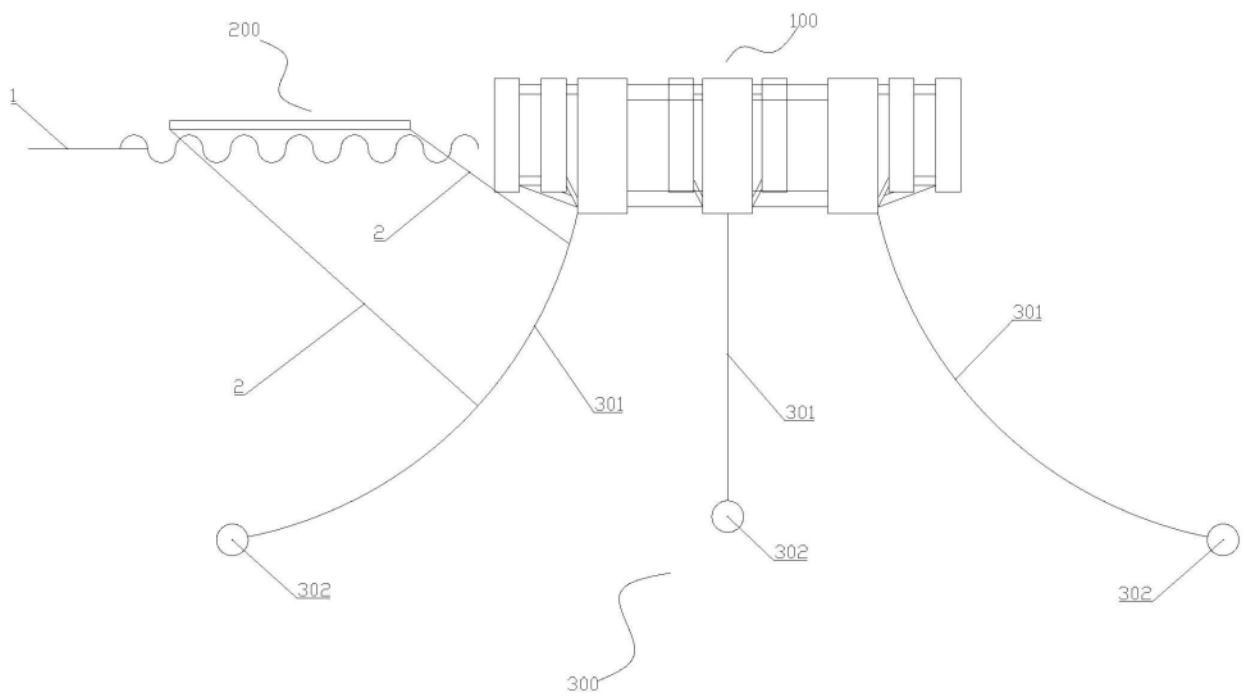


图2

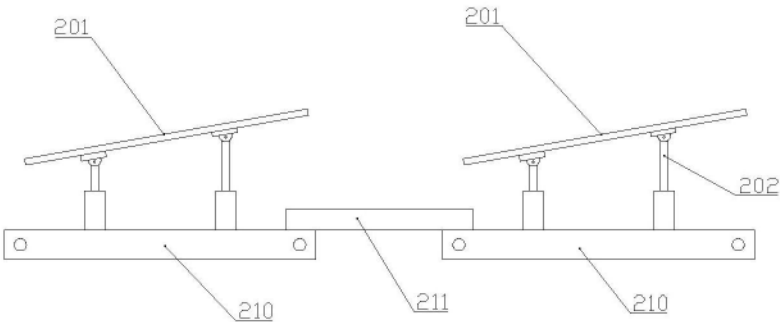


图3

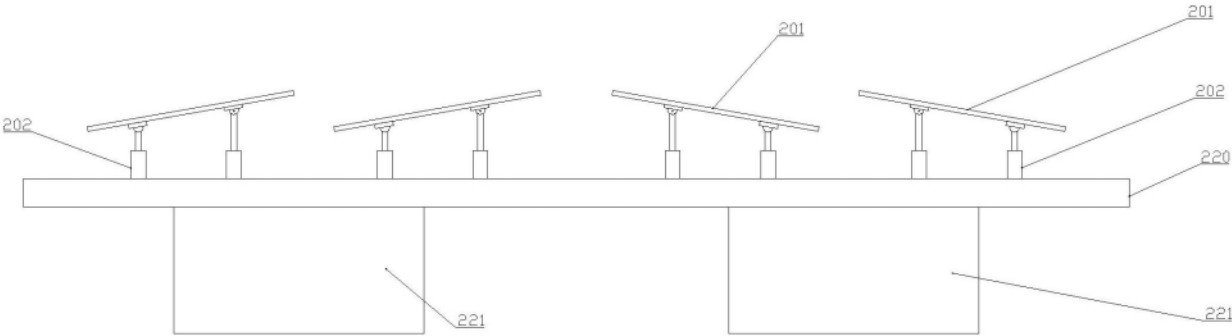


图4