



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111942533 A

(43) 申请公布日 2020.11.17

(21) 申请号 202010452991.2

(22) 申请日 2020.05.26

(71) 申请人 大连船舶重工集团有限公司
地址 116021 辽宁省大连市西岗区沿海街1号

(72) 发明人 叶小嵘 王飞 何环宇 姜福洪
张婷 王志超 龚慧

(74) 专利代理机构 大连格智知识产权代理有限公司 21238

代理人 刘琦

(51) Int. Cl.
B63B 35/44 (2006.01)

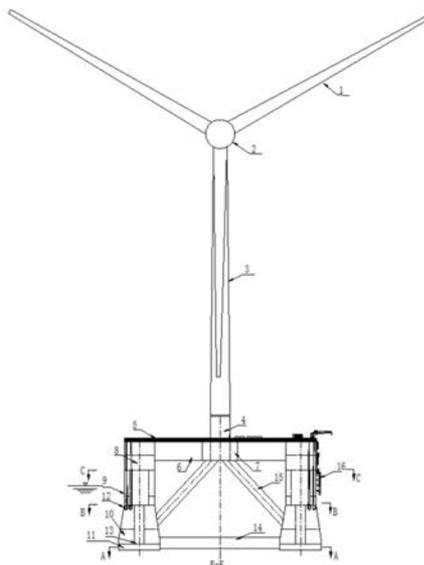
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种三立柱型式海上风力发电平台系统

(57) 摘要

本发明公开一种三立柱型式海上风力发电平台系统,包括风机系统、浮式基础和系泊系统,所述风机系统包括风机塔筒,所述风机塔筒立于浮式基础的上部中心位置;所述浮式基础包括三个立柱和中心圆盘,所述三个立柱呈等边三角形分布,中心圆盘设于三个立柱中心,中心圆盘和每个立柱的上部通过上部箱型结构连接,每个立柱的下部通过底部浮箱相互连接,构成稳定的等边三角形形状。本发明浮式基础作业吃水较浅,水深适用范围广阔,可用于40m及以上的广泛海域,并保证吃水较浅的情况下,通过改变结构构件尺度及跨度,满足稳性、运动及结构等性能,适用于支撑各功率的海上风机,并扩展到10MW及更高功率海上风机机型。



1. 一种三立柱型式海上风力发电平台系统,其特征在于:包括风机系统、浮式基础和系泊系统,所述风机系统包括风机塔筒(3),所述风机塔筒(3)立于浮式基础的上部中心位置;所述浮式基础包括中心圆盘(7)和三个立柱,所述三个立柱呈等边三角形分布,中心圆盘(7)设于三个立柱中心,中心圆盘(7)和每个立柱的上部通过上部箱型结构(6)连接,每个立柱的下部通过底部浮箱(14)相互连接,构成稳定的等边三角形形状。

2. 如权利要求1所述的一种三立柱型式海上风力发电平台系统,其特征在于:所述浮式基础还包括三根斜撑(15),每根斜撑(15)的顶端与中心圆盘(7)连接,下端与立柱的下部连接。

3. 如权利要求1所述的一种三立柱型式海上风力发电平台系统,其特征在于:每个立柱底部为固定压载舱(11)、中部为锥形压载水舱(10)、直立压载水舱(9)和通道,上部为上部空舱(8),中心圆盘(7)和每个立柱的上部空舱(8)通过上部箱型结构(5)连接。

4. 如权利要求1所述的一种三立柱型式海上风力发电平台系统,其特征在于:所述风机塔筒(3)底部设有支撑结构,所述支撑结构为锥形筒或直立圆筒(4),所述中心圆盘(7)与风机塔筒(3)之间通过锥形筒或者直立圆筒(4)连接。

5. 如权利要求1所述的一种三立柱型式海上风力发电平台系统,其特征在于:所述三个底部浮箱(14)设有垂荡板(17),垂荡板(17)的结构型式为底部浮箱(14)双侧展开的翼板或单侧展开的翼板。

6. 如权利要求3所述的一种三立柱型式海上风力发电平台系统,其特征在于:每个立柱的压载水舱为上、下两层,下层为锥形压载水舱(10),上层为直立压载水舱(9)。

7. 如权利要求6所述的一种三立柱型式海上风力发电平台系统,其特征在于:在三个立柱的锥面外侧设置系泊连接点,系泊链采用3组分组型式,且绕风机塔筒呈中心对称排列。

一种三立柱型式海上风力发电平台系统

技术领域

[0001] 本发明属于海洋漂浮式风力发电领域,具体涉及一种三立柱型式海上浮式风力发电平台系统。

背景技术

[0002] 海上风能作为分布广泛的可再生能源目前已从示范应用向实用化、商业化转变。国际已经建立了漂浮式风力发电平台的样机示范工程(挪威Hywind示范工程,葡萄牙Windfloat示范,法国Ideol示范工程等等)。国内,中国近海浅水域(福建、广东等省)开始大规模建造海上固定式基础结构的风电平台。漂浮式风电平台当前国内还没有建立示范样机,但规划建立风场的部分海域水深已经达到50m以上,漂浮式风电平台将成为此区域的必然需求。

[0003] 世界已有的示范工程中,Hywind示范工程采用的浮式基础为单柱型式SPAR。浮式基础结构由三点系泊型式锚与海底。浮式基础设计池水较深,应用水深范围主要为100m以上水深,适用于挪威北海沿岸水深,但无法应用于距离岸边较近的大部分 50m-100m水深的海上漂浮式风场范围。而且SPAR型式需要在海上实现SPAR在位过程以及海上风机和塔筒的吊装,整个安装过程相对复杂,成本较高。

[0004] 葡萄牙Windfloat示范工程中,浮式基础采用的是三个立柱结构型式,立柱之间用圆形撑杆连接。风机位于其中一个立柱之上。并且采用了动态压载水系统来抵消风倾力矩,调整风机运行过程中的姿态,从而达到提高风机效率的目的。但此种设计由于风机位置偏心,因此结构容易产生不均匀性载荷,不如对称结构载荷分布合理。而且设计中采用了大量的横撑和斜撑,这对结构的疲劳性能和撑杆的建造焊接都要求较高,同时,由于风速变化的瞬时性,想通过动态压载水系统达到实时调载的目的也是非常困难,整体设备成本和后期维护成本也相对较高。

[0005] 法国Ideol示范工程采用的是一个四边形环形结构。此种结构吃水较浅,因此可适用的水深范围更浅,但是由于主体结构位于水面附近,运动响应性能并不算好,承受波浪载荷也较大。另外,止链器安装于水面之上,部分锚链布置于飞溅区,也降低了此部分锚链的疲劳性能。

[0006] 漂浮式风力发电基础与常规海洋工程结构物相比,上部风机具有较大的重量以及较大的水平载荷和扭矩载荷。这样对平台性能提出了以下几点特别要求:1、风机重量和风机运转的水平载荷对稳性要求更加严格;2、为了保证风机有效运转,对平台的运动响应要求也较高;3、对平台的结构设计,尤其是风机与浮式基础连接的关键结构的要求提高等。

发明内容

[0007] 为克服上述关键问题,本发明提供一种新型的三立柱型式海上风力发电平台系统。此发电平台从整个系统的总布置、稳定性、运动响应性能、系泊系统设计、平台的管系系统及电气系统等内部配置及其与风机连接方式等多方面综合考虑,保证了风机发电的浮式

基础平台整体设计的完整性,同时还兼顾了建造与造价、海上施工与安装等经济性。

[0008] 本发明主要是通过以下技术方案来实现的:

[0009] 一种三立柱型式海上风力发电平台系统,包括风机系统、浮式基础和系泊系统,所述风机系统包括风机塔筒,所述风机塔筒立于浮式基础的上部中心位置;所述浮式基础包括三个立柱和中心圆盘,所述三个立柱呈等边三角形分布,中心圆盘设于三个立柱中心,中心圆盘和每个立柱的上部通过上部箱型结构连接,每个立柱的下部通过底部浮箱相互连接,构成稳定的等边三角形形状。

[0010] 优选浮式基础还包括三根斜撑,每根斜撑的顶端与中心圆盘连接,下端与立柱的下部连接。

[0011] 每个立柱底部为固定压载舱,中部为锥形压载水舱、直立压载水舱和通道,通道通往立柱内每一个舱室,由平台、栏杆、直梯和护圈等组成,并设置水密人孔盖通往各个舱内,上部为上部空舱,中心圆盘和每个立柱的上部空舱通过上部箱型结构连接。

[0012] 所述风机塔筒的底部设有支撑结构,所述支撑结构为锥形筒或直立圆筒,所述中心圆盘与风机塔筒之间通过锥形筒或者直立圆筒连接。根据锥形筒或直立筒的形状,中心圆盘内部设置相应直径的环向圆筒来承接风机自重及风载荷。

[0013] 锥形压载水舱和直立压载水舱划分若干舱室用于调整拖航和作业吃水。三个底部浮箱和斜撑无压载,主要用于提供浮力和承担结构载荷。上部箱型结构主要用于承担风机自重和风倾力矩,上部箱型结构中间连接处采用了中心圆盘过渡结构,整体形成了Y型箱型结构。此中心圆盘与风机塔筒之间采用了锥形或者直立过渡设计。上部箱型结构和此过渡舱室为空舱,可用于存放风机相关设备。

[0014] 优选在三个立柱其中之一设置登船梯,走廊,吊机和工具间,用于风机运维。

[0015] 优选所述三个底部浮箱采用了单侧或双侧翼展型式的垂荡板,降低浮式基础的垂荡和摇荡。

[0016] 优选每个立柱的压载水舱为上、下两层,其中下层为锥形结构。在三个立柱的锥面外侧设置系泊连接点,系泊链采用3组分组型式,绕风机塔筒呈中心对称排列。

[0017] 压载系统采用外部压载,不配置动态调载控制系统。

[0018] 所述立柱、上部箱型结构、底部浮箱、斜撑、垂荡板的截面形式可以为圆形或多边形截面。

[0019] 与现有技术相比,本发明具有如下有益效果:

[0020] 1、此三立柱型式浮式基础作业吃水较浅,水深适用范围广阔,可用于40m及以上的广泛海域。

[0021] 2、此种结构设计可保证吃水较浅的情况下,通过改变结构构件尺度及跨度,满足稳性、运动及结构等性能,可保证在40m 及以上的广泛海域内,适用于支撑各功率的海上风机,并扩展到 10MW及更高功率海上风机机型。

[0022] 3、上部箱型结构为承受风机重量和风倾力矩的主体结构,因此,结构的应力集中区位于水面之上,不受到静水压力影响,且空气中的腐蚀远小于水中的腐蚀,因而,对结构关键区域的疲劳性能有很大好处,从而解决了漂浮式风机发电基础结构设计的核心难点。

[0023] 4、采用三立柱基础结构,水面附近的结构部分型式简单,运动性能较好,承受波浪载荷相对较小,且容易建造。

[0024] 5、通过锥型截面设计,浮式基础作业工况的吃水处于上部小直径处,可以减小波浪载荷,对平台的运动性能有较大好处。在拖航工况,吃水处于下部大直径处,增加了水线面积,对稳性有利。同时,锥形设计相对于变截面设计而言,更有利于结构载荷的上下传递。

[0025] 6、底部浮箱单侧或者双侧两翼垂荡板的设计,增加了浮式基础的垂荡和横摇阻尼,很好地限制了风机基础的垂荡、横摇和纵摇,弥补了柱稳式浮式基础在运动响应上的缺点,减小了顶端风机系统的大幅运动,这样也保证了风机系统的发电稳定性及效率。同时,此种垂荡板型式也可增加底部浮箱的剖面模数,对浮式基础的结构强度有一定加强效果。

[0026] 7、导缆孔安装于水面之下重心附近,可一定程度减少锚泊系统对浮体稳性带来的影响,整个锚泊系统位于水下,也不存在锚链飞溅区疲劳问题。此外,立柱侧面安装锚泊系统与底部安装相比,导缆孔的结构加强相对容易,安装和维修都相对方便。

[0027] 8、在风机作业范围的环境条件内,由于此型式平台的摇荡运动较小,因此,本设计的压载系统采用外部压载,与常规海工平台必须配置动态调载相比,本平台不需要配置遥控阀门及对应的动力源,不需要配置动态调载控制系统,极大简化了平台的管系系统,提高了平台整体的经济性,减少了后期维护成本。同时,由于本平台具有连接三个立柱的上部Y型箱型结构和底部浮箱结构,可在这些结构中布置管路,这样运维船只只需要停靠一个边立柱,压载水可通过上部Y型箱型结构内的压载总管达到压载功能,通过底部浮箱结构内的压载总管达到排载功能,无需将运维船分别停靠到三个立柱来压载和排载,大大简化了平台的压载和排载作业过程。

[0028] 9、本设计的底部固定压载可以在坞内或码头进行灌注,风机及塔架也可在坞内或码头安装,然后采用湿拖法整体拖航至机位点。在机位点处,只需安装锚链,再进行压载水的调整确定作业吃水即可,大大简化了整个安装过程。

附图说明

[0029] 图1为本发明一种三立柱型式海上风力发电平台系统的侧视图;

[0030] 图2为本发明一种三立柱型式海上风力发电平台系统的俯视图;

[0031] 图3为本发明一种三立柱型式海上风力发电平台系统的中部剖面B俯视图;

[0032] 图4为本发明一种三立柱型式海上风力发电平台系统的中部剖面C俯视图;

[0033] 图5为底部浮箱三种型式的垂荡板示意图;

[0034] 图6为垂荡板结构加强示意图;

[0035] 其中,叶片1,轮毂2,风机塔筒3,直立圆筒4,作业平台 5,上部箱型结构6,中心圆盘7,上部空舱8,直立压载水舱9,锥形压载水舱10,底部固定压载舱11,导缆孔12,最底层甲板 13,底部浮箱14,斜撑15,登平台设备16,垂荡板17,肘板18,运维船19。

具体实施方式

[0036] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细描述。

[0037] 实施例1

[0038] 如图1-4所示:一种三立柱型式海上风力发电平台系统,包括风机系统、浮式基础和系泊系统,所述风机系统包括风机塔筒 3、轮毂2和叶片1,所述风机塔筒3立于浮式基础

的上部中心位置;所述浮式基础包括三个立柱、中心圆盘7和三根斜撑15,所述三个立柱呈等边三角形分布,中心圆盘7设于三个立柱中心,中心圆盘7和每个立柱的上部通过上部箱型结构6连接,每个立柱的下部通过底部浮箱14相互连接,构成稳定的等边三角形形状。每根斜撑15的顶端与中心圆盘7连接,下端与立柱的下部连接。所述风机塔筒3的底部设有支撑结构,所述支撑结构为直立圆筒4,中心圆盘7为空心结构,直立圆筒4与中心圆盘7嵌套连接,直立圆筒4也可以为锥形筒。

[0039] 底部三个浮箱14和斜撑15无压载,主要用于提供浮力和承担结构载荷。

[0040] 每个立柱底部为固定压载舱11、固定压载舱11内固体压载物由混凝土组成,需要在码头灌注完成,上部为上部空舱8,中部为锥形压载水舱10,直立压载水舱9和通道,压载水舱为上、下两层,下层为锥形压载水舱10,上层为直立压载水舱9。中心圆盘7和每个立柱的上部空舱8通过上部箱型结构6连接。锥形压载水舱10和直立压载水舱9划分若干舱室用于调整拖航和作业吃水及平衡。由于风机重心较高,混凝土固定压载11位于下部,中部压载水舱10和9用于存储压载水,两者结合的舱室划分模式不仅可以有效降低系统的重心,还可以保证对拖航和在位工况的浮态调整。其中,中部压载水舱10和9的压载水量是根据拖航和在位工况的环境条件,计算而满足完整稳性和破舱稳性要求。

[0041] 系泊链或者缆绳通过锥形立柱上部止链器和导缆孔12接入海底。系泊链由锚链或缆绳组成,系泊链可以设置三根、六根或九根。系泊链采用分组式布置方法,围绕浮式基础呈中心对称排列。系泊链具体布置形式可以根据浮式基础与系泊系统耦合方法计算来确定。

[0042] 上部空舱8和上部箱型结构6的顶部为作业平台5,整个平台采用钢材建造。

[0043] 为了保证人员出入舱室,便于舱室维护,立柱中心内部(立柱中部)设置独立通道通往立柱内每一个舱室,通道由平台、栏杆、直梯和护圈等组成,并设置水密人孔盖通往各个舱内。上部舱室8,上部箱型结构6和中心圆盘7都为空舱,可作为设备舱等。底部浮箱14内设置管系系统,用于调整压载水。

[0044] 将三个立柱其中之一立柱作为运维立柱,设置直梯、缓冲平台、直梯护圈及护舷等登平台设备16,缓冲平台、直梯护圈及护舷,保证人员安全登入平台。此外,运维立柱顶部还布置了吊机和工具间,用于风机零件运输及存储。

[0045] 如图5所示,根据风机对平台运动响应的需求,采用了底部浮箱14的两侧展开的翼板17,也可以是内侧或外侧单侧展开的翼板17,来降低平台的垂荡和摇荡。翼板型式可为外侧翼板如A-A-1所示,或者内侧翼板如A-A-2所示,或者内侧和外侧都有的翼板如A-A-3所示。翼板17可采用横撑或者肘板18进行加强,如图6所示。

[0046] 压载系统采用外部压载,不配置动态调载控制系统。三立柱型式海上风力发电平台系统的压载系统管材选用热镀锌碳钢管,阀门选用手动阀门。整个压载系统由总管和支管组成。总管从上部Y型箱型结构向下通往三个立柱底部,再从立柱连接的底部浮箱结构穿过,最终形成一个循环管路。整个循环总管上设置支管通向各舱室。本平台的压载系统功能通过运维船19实现。选取3个立柱的其中一个作为运维立柱,运维立柱上部设置压载水加注口。压载工况下,运维船19通过加注口将压载水通过上部箱型结构6内的压载总管和各支管输送到各个压载舱;排载工况下,运维船19提供临时压载泵,通过吊机安装在运维立柱的最底层甲板13,并使用软管连接泵进出口和压载总管,再通过底部浮箱14内的压载总管,将

其他两个立柱内压载水抽吸到运维立柱,运维立柱吃水以上设置压载水排海口,将从舱室抽吸的压载水排出。同时,设置压载舱及空舱的空气头和测深头,压载舱安装压力式液位传感器,空舱及三个立柱最底层甲板13安装浮子开关,报警信号均传送到风机的监测控制系统,用于实时监测压载舱的液位及空舱破损情况。

[0047] 本平台需要配置的海上助航障碍灯、压载舱液位传感器、吊机设备、潜水泵等设备可以接入风机电网,无需另配发动机。

[0048] 本平台的浮式基础在船坞内建造完成。建造完成之后,可利用船坞吊装设备在坞内安装上部风力发电系统,安装完毕之后,通过调整压载达到拖航吃水,采用拖轮将其整体拖航至机位点,之后采用工程船舶对浮式基础注入压载水达到作业吃水,安装海底锚,利用锚链或者缆绳进行海底锚与浮式基础的连接。此方法减少了风机在海上安装过程,大大节约了安装成本。

[0049] 上述实施例仅用于说明本发明,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。其中各部件的结构形式、连接方式和布置等都是可以有所变化的,凡是在本发明技术方案的基础上进行的等同变换和改进,均不应排除在本发明的保护范围之外。

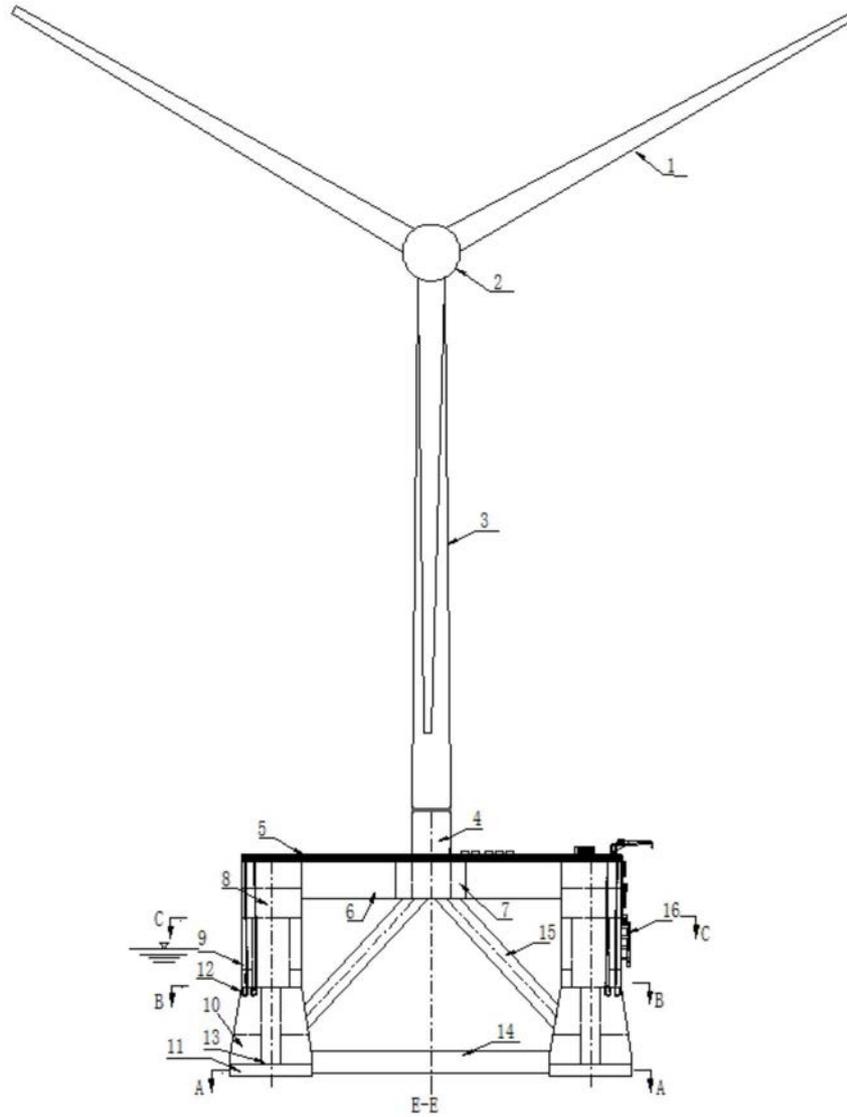


图1

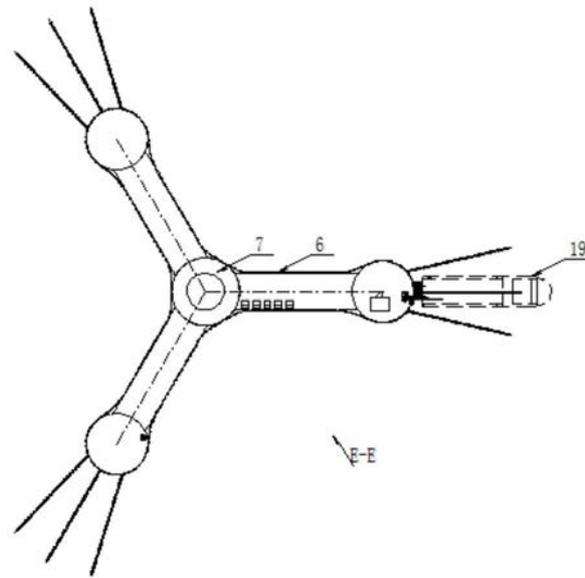


图2

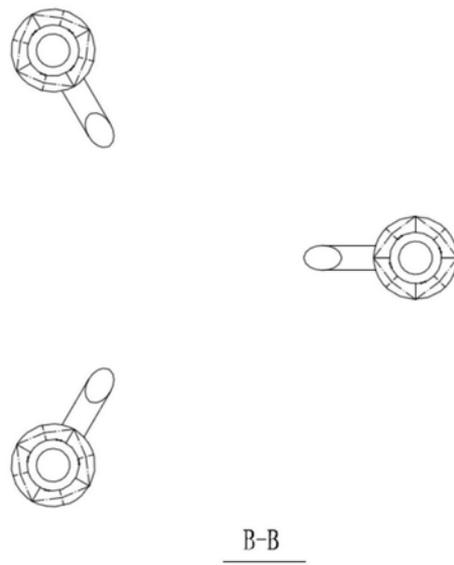


图3

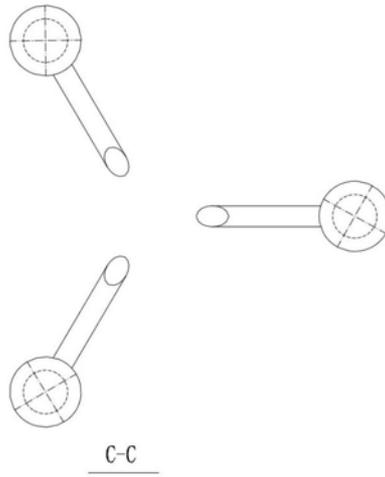


图4

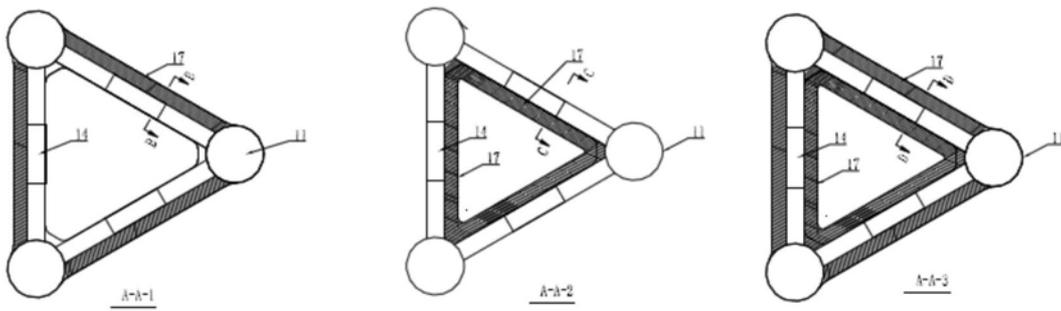


图5

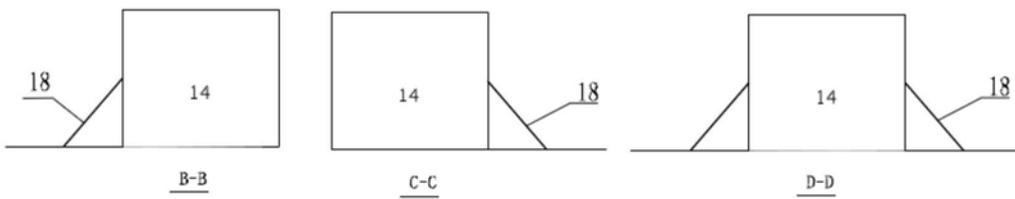


图6