



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114635372 B

(45) 授权公告日 2023. 05. 26

(21) 申请号 202210275977.9

E01D 19/16 (2006.01)

(22) 申请日 2022.03.21

E01D 11/02 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 范鑫贺

申请公布号 CN 114635372 A

(43) 申请公布日 2022.06.17

(73) 专利权人 武汉理工大学

地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路
122号

(72) 发明人 曹鸿猷 段海林 李涛 康俊涛

(74) 专利代理机构 浙江千克知识产权代理有限公司 33246

专利代理师 雷娴

(51) Int.Cl.

E01D 22/00 (2006.01)

E01D 19/00 (2006.01)

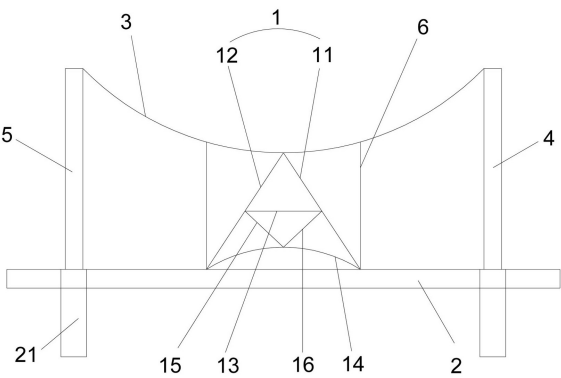
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构

(57) 摘要

本发明提供一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构,涉及悬索桥施工技术领域,包括中塔、边塔、主缆、主梁以及中央扣组件,中央扣组件包括第一中央扣和第二中央扣,第一中央扣和第二中央扣均为工字型件,第一中央扣和第二中央扣的上端均与主缆跨中位置连接,主缆和主梁之间连接有若干根吊杆,第一中央扣的下端和第二中央扣的下端分别与吊杆和主梁连接处连接。本发明结构简单成本低,在主缆跨中安装中央扣组件形成三角形桁架,有效增加整个中央扣组件的强度,可以有效提高多塔悬索桥刚度,索桥安全性依然有保障,还可以使得两个中央扣形成互相补偿,有效降低中央扣组件的磨损,使用寿命长。



1. 一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构,其特征在于:包括中塔(4)、边塔(5)、用于连接所述中塔(4)顶部和边塔(5)顶部的主缆(3)、用于连接所述中塔(4)底部和边塔(5)底部的主梁(2)以及用于连接所述主缆(3)和主梁(2)的中央扣组件(1),所述中央扣组件(1)包括第一中央扣(11)和第二中央扣(12),所述第一中央扣(11)和第二中央扣(12)均为工字型件,所述第一中央扣(11)和第二中央扣(12)的上端均与所述主缆(3)跨中位置连接,所述主缆(3)和主梁(2)之间连接有若干根吊杆(6),所述主缆(3)跨中位置靠近所述中塔(4)的一侧的吊杆(6)和所述主梁(2)连接处与所述第一中央扣(11)的下端连接,所述主缆(3)跨中位置靠近所述边塔(5)的一侧的吊杆(6)和所述主梁(2)连接处与所述第二中央扣(12)的下端连接;所述第一中央扣(11)和第二中央扣(12)的长度相同;所述第一中央扣(11)中部通过连接杆(13)与所述第二中央扣(12)中部连接;所述第一中央扣(11)底端通过补偿缆(14)与所述第二中央扣(12)底部连接;所述补偿缆(14)的高度不低于所述主梁(2)的高度,且所述补偿缆(14)跨中位置通过第三中央扣(15)与所述连接杆(13)端部连接,所述补偿缆(14)跨中位置通过第四中央扣(16)与所述连接杆(13)远离所述第三中央扣(15)的一端连接。

2. 根据权利要求1所述的一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构,其特征在于:所述第三中央扣(15)和第四中央扣(16)为工字型件。

3. 根据权利要求2所述的一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构,其特征在于:所述第一中央扣(11)、第二中央扣(12)、第三中央扣(15)和第四中央扣(16)均为刚性件。

4. 根据权利要求1所述的一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构,其特征在于:所述主缆(3)跨中位置设置有利于与所述中央扣组件(1)连接的螺栓球(31),所述第一中央扣(11)和第二中央扣(12)端部均设置有利于与所述螺栓球(31)焊接的焊接槽(111)。

5. 根据权利要求4所述的一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构,其特征在于:所述吊杆(6)和所述主梁(2)连接处设置有锚固环(22),所述第一中央扣(11)远离所述焊接槽(111)的一端和第二中央扣(12)远离所述焊接槽(111)的一端均设置有利于与所述锚固环(22)焊接的焊接柄(112)。

6. 根据权利要求1所述的一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构,其特征在于:所述主梁(2)下侧设置有利于与所述中塔(4)和边塔(5)连接的基础柱(21)。

一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构

技术领域

[0001] 本发明涉及悬索桥施工技术领域，

[0002] 尤其是，本发明涉及一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构。

背景技术

[0003] 近年来，随着科技的迅速发展和人们对出行质量要求的不断提高，国内外建设跨海峡、跨江大桥之风兴起，悬索桥凭借其强大的跨越能力在各种方案中占据优势。多塔悬索桥不仅解决了跨度问题，而且能够保持原来的最佳矢跨比，但是悬索桥本就属于柔性结构，加之中塔缺少主缆的有效约束，导致多塔悬索桥的发展受到了“中塔效应”的阻碍。“中塔效应”是困扰多塔悬索桥发展的关键性问题，中塔因为缺乏边跨主缆的约束，主缆对中间桥塔的约束较弱，多塔悬索桥在最不利荷载工况作用下，塔顶会产生巨大的不平衡力。如果中塔刚度过大，可能导致鞍座承受不住索力差产生相对滑动；中塔刚度过小，主梁承受荷载时将产生较大的挠度，影响行车舒适性。

[0004] 深究“中塔效应”的根本原因，主缆与主梁之间缺少有效约束，受到不平衡荷载时将产生相对错动，需要建立有效的缆梁连接，所以现在技术上对于克服中塔效应的开发也越来越多，例如中国发明专利CN112239992A提出了一种三塔自锚式悬索桥，其包括两个边墩、设置在两个边墩内侧的两个辅助墩、设置在两个辅助墩之间的三个主塔、主梁、若干固定于主塔的主缆以及若干用于提拉主梁的吊索，其特征在于，主梁设置在边墩、辅助墩上并且穿设于主塔，在相邻的主塔之间、辅助墩与主塔之间架设有主缆，主缆为空间索面，主缆与主梁在跨中位置通过中央扣连接，约束两者的相对位移。上述发明通过中央扣形成三塔自锚式悬索桥结构体系，增大了跨中主缆对中塔塔顶的水平约束，从而降低了不平衡活载下中塔塔底的纵桥向弯矩，降低了中塔的结构尺寸，提高了结构竖向刚度，提高了三塔自锚式悬索桥的经济跨径，可适用于跨径400m以上的三塔自锚式悬索桥，适用于大跨径公轨合建桥梁。

[0005] 但是上述悬索桥结构依然存在以下问题：仅仅通过普通的中央扣进行连接主缆与主梁，结构竖向刚度不够，且遇到主跨满载时，中央扣只能适当降低竖向挠度影响，无法抵消水平向挠度增量，不仅使得中央扣结构损坏严重，使用寿命短，而且影响索桥安全性。

[0006] 因此为了解决上述问题，设计一种合理高效的用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构对我们来说是很有必要的。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种结构简单，安装成本低，在主缆跨中安装中央扣组件，中央扣组件中的两个中央扣与主梁的一段形成三角形桁架，有效增加整个中央扣组件的强度，可以有效提高多塔悬索桥刚度，且对于水平向挠度增量的抵抗性高，即便出现主跨满载，索桥安全性依然有保障，甚至可以在三角形桁架上加装补偿缆，进一步使得中央扣组件中的两个中央扣形成互相补偿，有效降低中央扣组件的磨损，使用寿命长，养护成本降低的

用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构。

[0008] 为达到上述目的,本发明采用如下技术方案得以实现的:

[0009] 一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构,包括中塔、边塔、用于连接所述中塔顶部和边塔顶部的主缆、用于连接所述中塔底部和边塔底部的主梁以及用于连接所述主缆和主梁的中央扣组件,所述中央扣组件包括第一中央扣和第二中央扣,所述第一中央扣和第二中央扣均为工字型件,所述第一中央扣和第二中央扣的上端均与所述主缆跨中位置连接,所述主缆和主梁之间连接有若干根吊杆,所述主缆跨中位置靠近所述中塔的一侧的吊杆和所述主梁连接处与所述第一中央扣的下端连接,所述主缆跨中位置靠近所述边塔的一侧的吊杆和所述主梁连接处与所述第二中央扣的下端连接。

[0010] 作为本发明的优选,所述第一中央扣和第二中央扣的长度相同。

[0011] 作为本发明的优选,所述第一中央扣中部通过连接杆与所述第二中央扣中部连接。

[0012] 作为本发明的优选,所述第一中央扣低端通过补偿缆与所述第二中央扣底部连接。

[0013] 作为本发明的优选,所述补偿缆的高度不低于所述主梁的高度,且所述补偿缆跨中位置通过第三中央扣与所述连接杆端部连接,所述补偿缆跨中位置通过第四中央扣与所述连接杆远离所述第三中央扣的一端连接。

[0014] 作为本发明的优选,所述第三中央扣和第四中央扣为工字型件。

[0015] 作为本发明的优选,所述第一中央扣、第二中央扣、第三中央扣和第四中央扣均为刚性件。

[0016] 作为本发明的优选,所述主缆跨中位置设置有用与与所述中央扣组件连接的螺栓球,所述第一中央扣和第二中央扣端部均设置有用与与所述螺栓球焊接的焊接槽。

[0017] 作为本发明的优选,所述吊杆和所述主梁连接处设置有锚固环,所述第一中央扣远离所述焊接槽的一端和第二中央扣远离所述焊接槽的一端均设置有用与与所述锚固环焊接的焊接柄。

[0018] 作为本发明的优选,所述主梁下侧设置有用与与所述中塔和边塔连接的基础柱。

[0019] 本发明一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构的有益效果在于:结构简单,安装成本低,在主缆跨中安装中央扣组件,中央扣组件中的两个中央扣与主梁的一段形成三角形桁架,有效增加整个中央扣组件的强度,可以有效提高多塔悬索桥刚度,且对于水平向挠度增量的抵抗性高,即便出现主跨满载,索桥安全性依然有保障,甚至可以在三角形桁架上加装补偿缆,进一步使得中央扣组件中的两个中央扣形成互相补偿,有效降低中央扣组件的磨损,使用寿命长,养护成本降低。

附图说明

[0020] 图1为本发明一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构的一个实施例的整体结构示意图;

[0021] 图2为本发明一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构的一个实施例中的第一中央扣的结构示意图;

[0022] 图3为本发明一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构的一个实施例中的主

缆跨中位置与中央扣组件的连接结构示意图；

[0023] 图4为本发明一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构的一个实施例中的吊杆和主梁连接处的结构示意图；

[0024] 图5为悬索桥未使用本发明一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构时的主跨受力分析示意图；

[0025] 图6为悬索桥使用本发明一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构时的主跨受力分析示意图；

[0026] 图中：1、中央扣组件，11、第一中央扣，111、焊接槽，112、焊接柄，12、第二中央扣，13、连接杆，14、补偿缆，15、第三中央扣，16、第四中央扣，2、主梁，21、基础柱，22、锚固环，3、主缆，31、螺栓球，4、中塔，5、边塔，6、吊杆。

具体实施方式

[0027] 以下是本发明的具体实施例，对本发明的技术方案作进一步的描述，但本发明并不限于这些实施例。

[0028] 现在将参照附图来详细描述本发明的各种示例性实施例。应注意到：除非另外具体说明，否则在这些实施例中阐述的模块和步骤的相对布置和步骤不限制本发明的范围。

[0029] 同时，应当明白，为了便于描述，附图中的流程并不仅仅是单独进行，而是多个步骤相互交叉进行。

[0030] 在本发明的描述中，需要说明的是，术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，或者是本发明产品使用时惯常摆放的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的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发明的限制。此外，术语“第一”、“第二”等仅用于区分描述，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0031] 以下对至少一个示例性实施例的描述实际上仅仅是说明性的，决不作为对本发明及其应用或使用的任何限制。

[0032] 对于相关领域普通技术人员已知的技术、方法及系统可能不作详细讨论，但在适当情况下，技术、方法及系统应当被视为授权说明书的一部分。

[0033] 实施例一：如图1至6所示，仅仅为本发明的其中一个的实施例，一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构，包括中塔4、边塔5、用于连接所述中塔4顶部和边塔5顶部的主缆3、用于连接所述中塔4底部和边塔5底部的主梁2以及用于连接所述主缆3和主梁2的中央扣组件1，所述中央扣组件1包括第一中央扣11和第二中央扣12，所述第一中央扣11和第二中央扣12均为工字型件，所述第一中央扣11和第二中央扣12的上端均与所述主缆3跨中位置连接，所述主缆3和主梁2之间连接有若干根吊杆6，所述主缆3跨中位置靠近所述中塔4的一侧的吊杆6和所述主梁2连接处与所述第一中央扣11的下端连接，所述主缆3跨中位置靠近所述边塔5的一侧的吊杆6和所述主梁2连接处与所述第二中央扣12的下端连接。

[0034] 在本发明中，我们仅仅针对三塔悬索桥结构中的中塔4与一侧的一个边塔5之间的结构加固进行说明，主缆3连接中塔4顶部和边塔5顶部，主缆3在重力下跨中位置下垂；主梁2则为整个悬索桥的水平设置的主体梁，为了防止主缆3晃动，也会在主缆3上下垂一些吊杆

6(或者吊索)与主梁2进行柔性连接,我们在主缆3跨中位置安装中央扣组件1与主梁2进行连接。

[0035] 在这里,所述中央扣组件1包括第一中央扣11和第二中央扣12,所述第一中央扣11和第二中央扣12的上端均与所述主缆3跨中位置连接,所述主缆3和主梁2之间连接有若干根吊杆6,所述主缆3跨中位置靠近所述中塔4的一侧的吊杆6和所述主梁2连接处与所述第一中央扣11的下端连接,所述主缆3跨中位置靠近所述边塔5的一侧的吊杆6和所述主梁2连接处与所述第二中央扣12的下端连接,这样第一中央扣11、第二中央扣12以及第一中央扣11底端与第二中央扣12底端之间这一段主梁2形成一个三角形桁架结构,使得整个中央扣组件1结构程度更高,而且由于三角形结构稳定性,主缆3跨中位置纵向和横向的位移都被限定了,有效增加整个中央扣组件的强度,使用寿命长,还可以有效提高多塔悬索桥刚度。

[0036] 为了便于说明本发明一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构的作用,进行悬索桥的受力分析(以下以左跨为例):

[0037] 在未使用本发明一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构时,如图5所示,多塔悬索桥由于中塔4缺乏边跨主缆的约束,主缆3对中间桥塔的约束较弱,中塔4刚度较低;当受到最不利荷载即主跨满载 q 时,边塔5塔顶和中塔4塔顶向跨中位移,边塔5塔顶位置A位移至 A' ,中塔4塔顶位置B位移至 B' ,此时边塔5塔顶受到的水平力 H_2 等于中塔4塔顶受到的水平力 H_1 ;主梁2产生竖向挠度,主跨3跨中位置C下移至 C' ,且中塔4由于刚度低导致塔顶产生更多的位移,即 AA' 小于 BB' ,使得主梁竖向挠度峰值更大,即 δ_1 大于跨中挠度 δ_2 ,挠度峰值也不再是跨中;

[0038] 反之,在使用本发明一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构时,如图6所示,将主缆3跨中与主梁2通过中央扣组件1进行连接之后,相当于主梁2对主缆3跨中有了约束,当同样受到最不利荷载即主跨满载 q 时,尽管中塔4依然比边塔5位移量更多,但是因为中央扣组件1限制了主缆3纵向位移的关系,中塔4比边塔5多位移引起的挠度增量没有未使用加固结构时多,此时的挠度峰值 δ_4 小于未使用加固结构时的挠度峰值 δ_1 ;而且中央扣组件1还限制了主缆3跨中位置的横向位移,那么边塔5塔顶受到的水平力 H_2 等于中塔4塔顶受到的水平力 H_1 和主缆3跨中位置(即中央扣组件1)受到的水平力 H_3 之和,即中塔4塔顶受到的水平力 H_1 被与中央扣组件1连接的主梁2承担了一部分;

[0039] 总之,在使用本发明一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构之后,不仅纵向挠度峰值降低,而且中塔4收到水平力也被主梁2分担了一部分,可以知道,本发明可以有效克服中塔效应,还可以对于水平向挠度增量的抵抗性高,即便出现主跨满载,索桥安全性依然有保障。

[0040] 本发明一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构的结构简单,安装成本低,在主缆跨中安装中央扣组件,中央扣组件中的两个中央扣与主梁的一段形成三角形桁架,有效增加整个中央扣组件的强度,可以有效提高多塔悬索桥刚度,且对于水平向挠度增量的抵抗性高,即便出现主跨满载,索桥安全性依然有保障,中央扣组件稳定性好,使用寿命长。

[0041] 实施例二,仍如图1至6所示,仅为本发明的其中一个实施例,在实施例一的基础上,本发明一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构中,所述第一中央扣11和第二中央扣12的长度相同,也就是最好使得三角形桁架为等腰三角形结构,这样选材更统一,第一

中央扣11和第二中央扣12对于主缆3跨中的应力分担更平衡,悬索桥强度更高。

[0042] 当然,所述第一中央扣11中部通过连接杆13与所述第二中央扣12中部连接,也就是第一中央扣11上半部、第二中央扣12上半部以及连接杆13形成一个小的三角形桁架,且小的三角形桁架与大的三角形桁架相似,可以增加大的三角形桁架的结构强度,还能将第一中央扣11和第二中央扣12进行连接起来,那么当第一中央扣11受力时,第二中央扣12可以进行同步分担。

[0043] 更进一步的,所述第一中央扣11低端通过补偿缆14与所述第二中央扣12底部连接,在这里,所述补偿缆14的高度不低于所述主梁2的高度,且所述补偿缆14跨中位置通过第三中央扣15与所述连接杆13端部连接,所述补偿缆14跨中位置通过第四中央扣16与所述连接杆13远离所述第三中央扣15的一端连接。

[0044] 补偿缆14的跨中受到第三中央扣15和第四中央扣16的拉力向上弯曲,与主缆3的延伸进行补偿,而且第三中央扣15、第四中央扣16以及连接杆13也形成一个三角形结构用于加强连接杆13的连接强度,进一步使得中央扣组件中的第一中央扣11和第二中央扣12形成互相补偿。

[0045] 最后,所述第一中央扣11、第二中央扣12、第三中央扣15和第四中央扣16均为刚性的工字件,确保中央扣组件1的刚性连接,工字件结构下,中央扣端部面积更大,更方便中央扣进行焊接连接。

[0046] 实施例三,仍如图1至6所示,仅为本发明的其中一个实施例,在上述任一实施例的基础上,本发明一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构中,所述主缆3跨中位置设置有用与与所述中央扣组件1连接的螺栓球31,所述第一中央扣11和第二中央扣12端部均设置有用与与所述螺栓球31焊接的焊接槽111;螺栓球31至少有一部分卡入至焊接槽111内,当选取合适长度的第一中央扣11和第二中央扣12完成与主缆3跨中位置的配合之后,将主缆3跨中位置的螺栓球31卡入至焊接槽111内完成焊接。

[0047] 同样的,所述吊杆6和所述主梁2连接处设置有锚固环22,所述第一中央扣11远离所述焊接槽111的一端和第二中央扣12远离所述焊接槽111的一端均设置有用与与所述锚固环22焊接的焊接柄112,焊接柄112插入至锚固环22中之后,将焊接柄112与锚固环22进行焊接。

[0048] 最后,所述主梁2下侧设置有用与与所述中塔4和边塔5连接的基础柱21,准确的说,没有个主体塔(包括中塔4和边塔5)下方都一体连接有一个基础柱21,基础柱21为钢筋混凝土柱设置于地面,主梁3则水平设置于主体塔与基础柱21交接处。

[0049] 本发明一种用于克服中塔效应的多塔悬索桥加固结构的结构简单,安装成本低,在主缆跨中安装中央扣组件,中央扣组件中的两个中央扣与主梁的一段形成三角形桁架,有效增加整个中央扣组件的强度,可以有效提高多塔悬索桥刚度,且对于水平向挠度增量的抵抗性高,即便出现主跨满载,索桥安全性依然有保障,甚至可以在三角形桁架上加装补偿缆,进一步使得中央扣组件中的两个中央扣形成互相补偿,有效降低中央扣组件的磨损,使用寿命长,养护成本降低。

[0050] 本发明不局限于上述具体的实施方式,本发明可以有各种更改和变化。凡是依据本发明的技术实质对以上实施方式所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围。

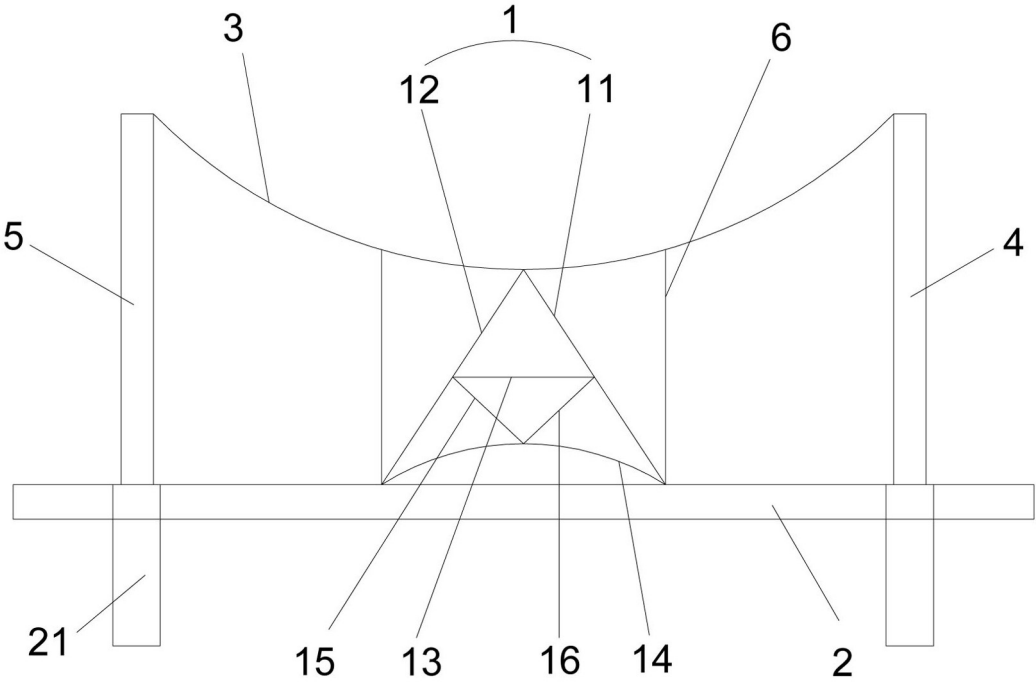


图1

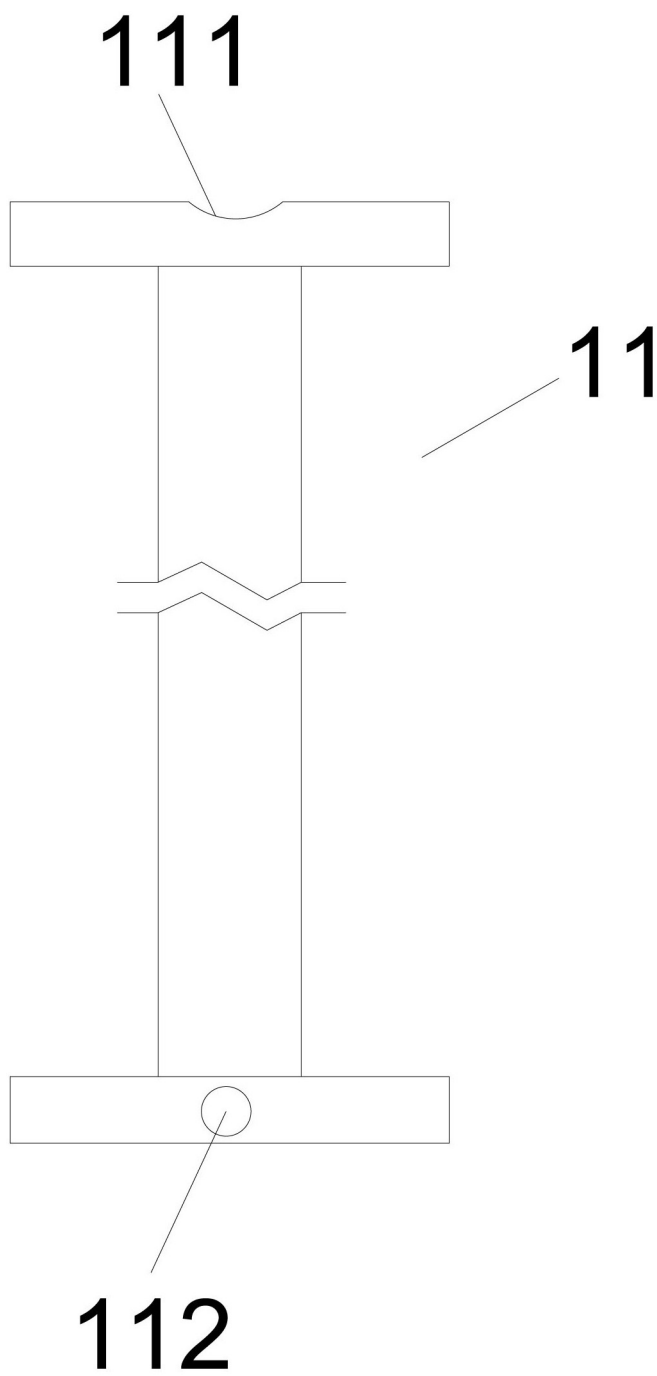


图2

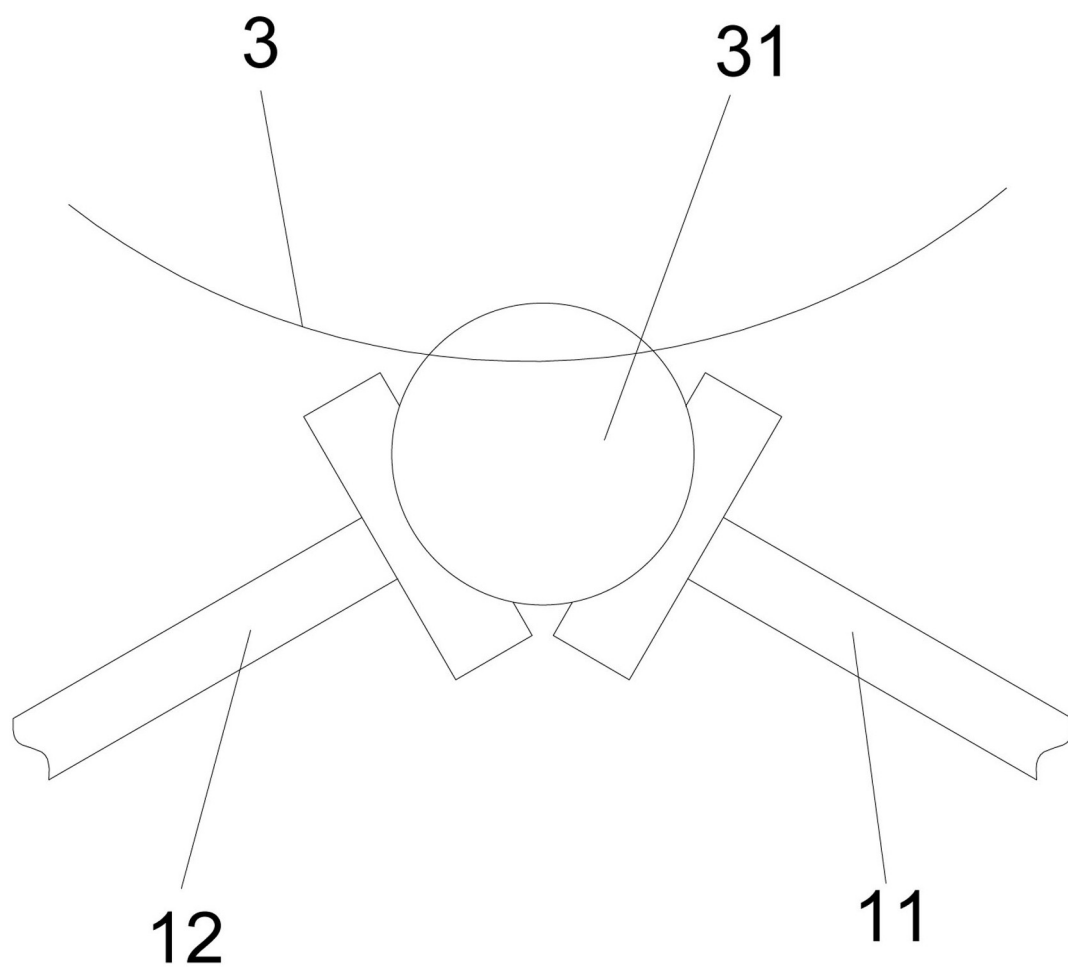


图3

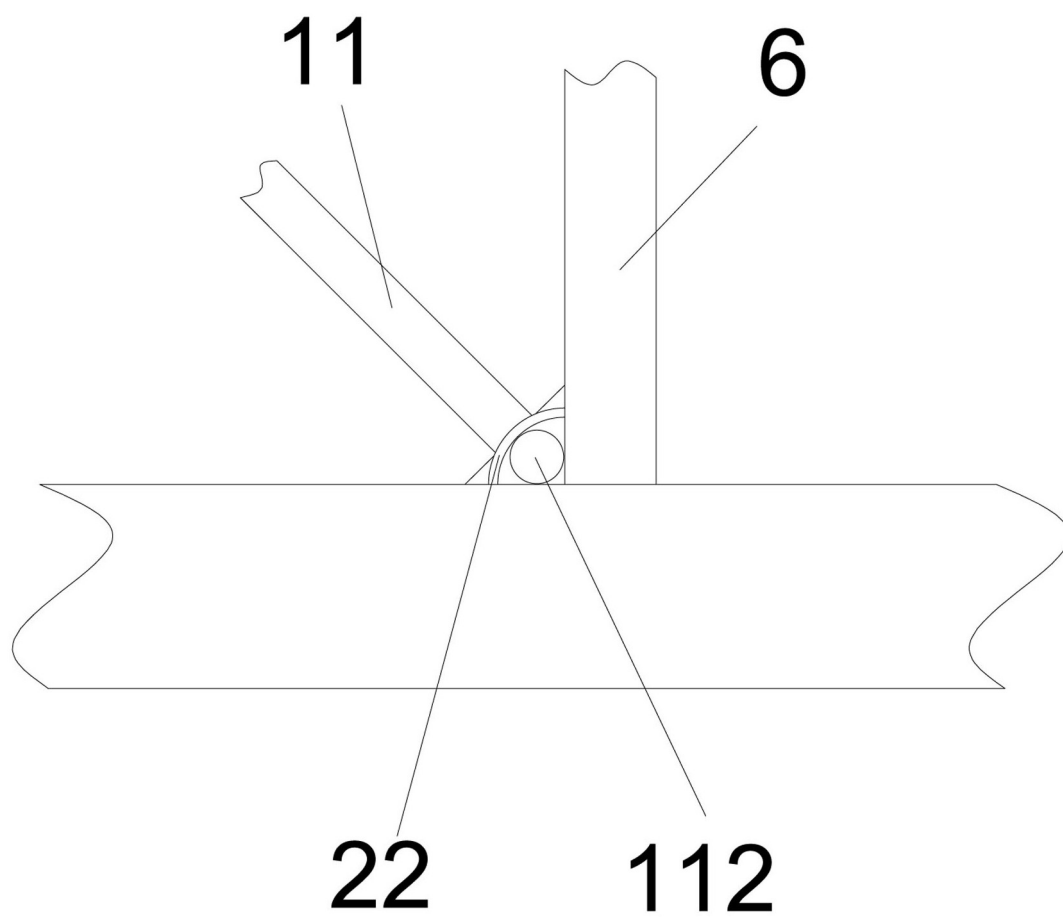


图4

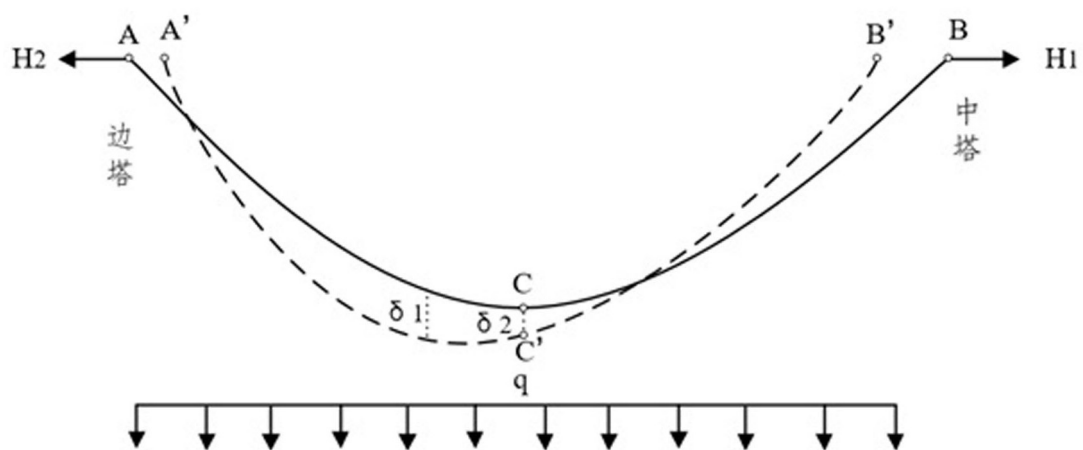


图5

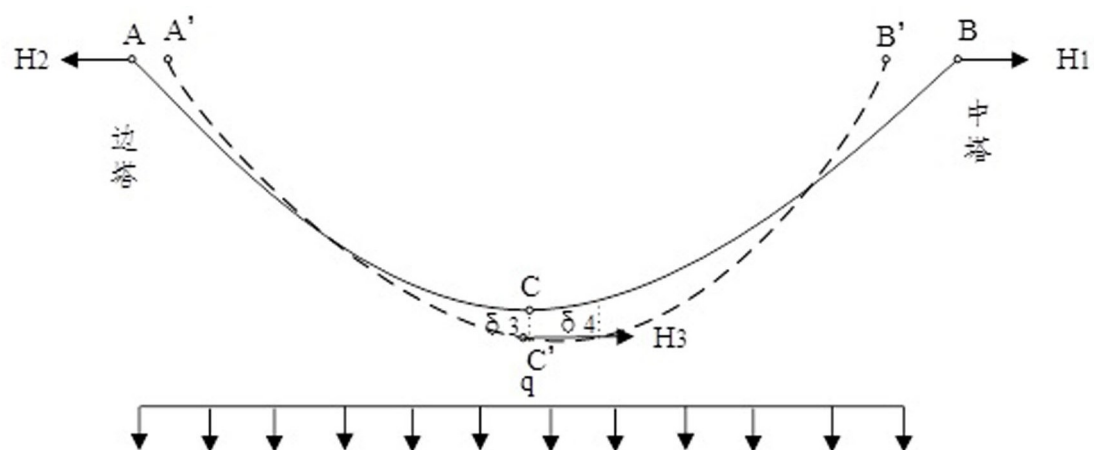


图6