(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118686219 A
(43)申请公布日 2024.09.24

(21)申请号 202410952161.4

(22)申请日 2024.07.16

(71)申请人 广西路建工程集团有限公司
地址 530001 广西壮族自治区南宁市兴宁区邕武路1号

(72)发明人 张坤球 石拓 韦昱呈 李臣光 陈亮胜 何磊祖 卢福洲 廖高征 罗智霖

(74)专利代理机构 南宁市来来专利代理事务所(普通合伙) 45118
专利代理师 石本定

(51)Int.Cl.
E02D 27/42(2006.01)
E02D 27/12(2006.01)
E01D 21/00(2006.01)
E01D 19/16(2006.01)
E02D 27/50(2006.01)

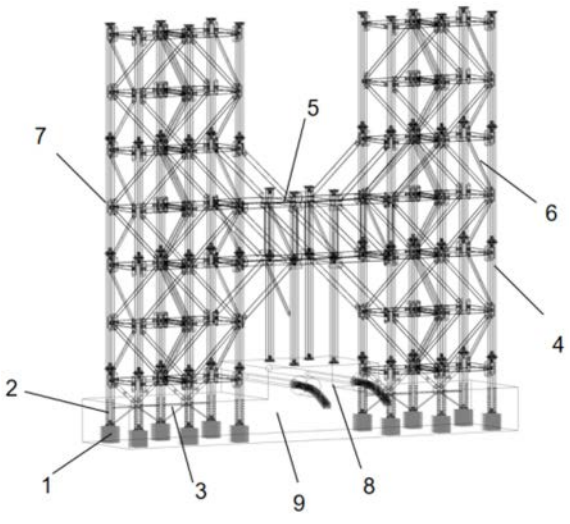
权利要求书1页 说明书9页 附图3页

(54)发明名称

一种刚性系杆拱桥缆索吊装塔架基础结构及其施工方法

(57)摘要

本发明公开一种刚性系杆拱桥缆索吊装塔架基础结构及其施工方法,其施工步骤为:步骤一、进行塔架基础结构受力计算,设计塔架基础结构尺寸,左幅塔架基础和右幅塔架基础的基础混凝土整体设计;步骤二、按照设计形式进行基坑开挖;步骤三、浇筑墩台,预埋立柱定位钢板;步骤四、在立柱定位钢板上安装预埋立柱,在预埋立柱上焊接定位骨架;步骤五、绑扎基础钢筋,在基础混凝土的中间位置预留平衡索预留孔道,整体浇筑基础混凝土;步骤六、在基础混凝土保养合格后,在预埋立柱及平衡索预留孔道上安装对应的立柱、横联、斜撑和节点板。本技术将塔架基础及平衡索锚固结构进行融合设计,在满足塔架基础要求的同时,兼顾平衡索锚固功能。



CN 118686219 A

1.一种刚性系杆拱桥缆索吊装塔架基础结构,包括左幅塔架基础和右幅塔架基础,所述的左幅塔架基础和右幅塔架基础都包括墩台(1)和基础混凝土(9),所述的墩台(1)设置在基础混凝土(9)内,墩台(1)上预埋有立柱定位钢板(11),立柱定位钢板(11)上竖直连接有预埋立柱(2),预埋立柱(2)的下端预埋在基础混凝土(9)内,预埋立柱(2)的上端通过节点板(7)依次接长连接有立柱(4),同一侧相邻的立柱(4)之间连接有横联(5)和斜撑(6),其特征在于:所述的左幅塔架基础和右幅塔架基础的基础混凝土(9)是用钢筋混凝土连接浇筑形成一个整体的基础混凝土,左幅塔架基础和右幅塔架基础之间的基础混凝土(9)内设置有平衡索锚固结构(8),平衡索锚固结构(8)包括平衡索预留孔道(82),平衡索(81)穿过平衡索预留孔道(82)并用锚具(83)锚固于基础混凝土(9)上,在基础混凝土(9)后侧连接用于调整平衡索(81)索力的张拉设备(84);在平衡索锚固结构(8)的基础混凝土(9)上对应增设立柱(4),同一侧相邻的立柱(4)之间也连接有横联(5)和斜撑(6),立柱(4)还通过横联(5)与左幅塔架基础和右幅塔架基础相应高度的节点板(7)连接。

2.根据权利要求1所述的刚性系杆拱桥缆索吊装塔架基础结构,其特征在于:所述的基础混凝土(9)内的预埋立柱(2)上设置有用于与基础混凝土(9)增强连接的剪力钉(21)。

3.根据权利要求1所述的刚性系杆拱桥缆索吊装塔架基础结构,其特征在于:所述的平衡索锚固结构(8)的设置高度高于左幅塔架基础和右幅塔架基础的基础混凝土(9)。

4.根据权利要求1所述的刚性系杆拱桥缆索吊装塔架基础结构,其特征在于:所述的左幅塔架基础和右幅塔架基础的预埋立柱(2)之间都分别连接有定位骨架(3)。

5.根据权利要求1所述的刚性系杆拱桥缆索吊装塔架基础结构,其特征在于:所述的刚性系杆拱桥缆索吊装塔架基础结构的施工方法包括以下步骤:

步骤一、进行塔架基础结构受力计算,设计塔架基础结构尺寸,左幅塔架基础和右幅塔架基础的基础混凝土整体设计;

步骤二、按照设计形式进行基坑开挖;

步骤三、浇筑墩台(1),预埋立柱定位钢板(11);

步骤四、在立柱定位钢板(11)上安装预埋立柱(2),在预埋立柱(2)上焊接定位骨架(3);

步骤五、绑扎基础钢筋,在基础混凝土(9)的中间位置预留平衡索预留孔道(82),整体浇筑基础混凝土(9);

步骤六、在基础混凝土(9)保养合格后,在预埋立柱(2)及平衡索预留孔道(82)上安装对应的立柱(4)、横联(5)、斜撑(6)和节点板(7)。

一种刚性系杆拱桥缆索吊装塔架基础结构及其施工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及拱桥施工的技术领域,具体涉及一种刚性系杆拱桥缆索吊装塔架基础结构及其施工方法。

背景技术

[0002] 拱桥指的是在竖直平面内以拱作为结构主要承重构件的桥梁,钢管混凝土拱桥跨越能力大、地形适应能力强、经济性好;其中,简支刚性细杆钢管混凝土拱桥对地质要求低,拱座及墩柱结构混凝土用量少,相同条件下相比于推力拱能够减小跨径,因此造价更低,在我国也应用广泛。

[0003] 绳缆吊装法是拱桥常用的无支架施工方法,是通过缆索系统把预制构件吊装成桥梁的方法。缆索吊装系统包括以下基本组成部分:主索、工作索、塔架及锚固装置等。缆索吊装的工作原理是在桥两端位置竖立塔架,两个塔架之间连接缆索,缆索上设置可滑动的滑车,利用缆索承受吊重和作为滑车的运行轨道,缆索滑车上的起重装置和牵引装置将构件吊起、升降、运输和安装,最终完成拱桥的物料运输和施工,避免支架法施工拱桥工期长、费工费时的缺点。

[0004] 塔架作为绳缆吊装法的重要支点和基础,对整个缆索系统的稳固性起到至关重要的作用。塔架作为绳缆吊装法的重要支点和基础,对整个缆索系统的稳固性起到至关重要的作用。塔身通常采用钢杆件进行搭接拼装,塔身通常采用门式或者A型结构,钢杆件之间采用节点连接件进行连接,节点连接件是受力关键部位,节点连接件通过焊接、抱箍或者栓接在塔身立柱上然后与各个杆件连接。

[0005] 在简支体系刚性细杆拱桥施工采用无支架法施工工艺时,在主拱肋吊装过程中需要设置平衡索抵消结构不平衡的水平力,而传统的塔架基础施工完成后,平衡索的锚固结构需要重新设置施工,造价数十万元,耗费人力及工期。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种刚性系杆拱桥缆索吊装塔架基础结构及其施工方法,本技术将塔架基础及平衡索锚固结构进行融合设计,在满足塔架基础要求的同时,兼顾平衡索锚固功能。

[0007] 本发明是采用以下技术方案实现的:

一种刚性系杆拱桥缆索吊装塔架基础结构,包括以下施工步骤为:步骤一、进行塔架基础结构受力计算,设计塔架基础结构尺寸,左幅塔架基础和右幅塔架基础的基础混凝土整体设计。

[0008] 步骤二、按照设计形式进行基坑开挖。

[0009] 步骤三、浇筑墩台,预埋立柱定位钢板。

[0010] 步骤四、在立柱定位钢板上安装预埋立柱,在预埋立柱上焊接定位骨架。

[0011] 步骤五、绑扎基础钢筋,在基础混凝土的中间位置预留平衡索预留孔道,整体浇筑

基础混凝土。

[0012] 步骤六、在基础混凝土保养合格后,在预埋立柱及平衡索预留孔道上安装对应的立柱、横联、斜撑和节点板。

[0013] 塔架基础采用桩基础、扩大基础或者扩大基础加桩基组合形式,塔架基础结构包括左幅塔架基础和右幅塔架基础,所述的左幅塔架基础和右幅塔架基础都包括墩台和基础混凝土,所述的墩台设置在基础混凝土内,墩台上预埋有立柱定位钢板,立柱定位钢板上竖直连接有预埋立柱,预埋立柱的下端预埋在基础混凝土内,墩台的作用包括立柱精准定位和立柱底部受力控制。预埋立柱的上端通过节点板依次接长连接有立柱,同一侧相邻的立柱之间连接有横联和斜撑,所述的左幅塔架基础和右幅塔架基础的基础混凝土是用钢筋混凝土连接浇筑形成一个整体的基础混凝土,将左、右幅塔架基础做整体式设计,将其作为一个整体能够提高基础的稳定性。左幅塔架基础和右幅塔架基础之间的基础混凝土内设置有平衡索锚固结构,将平衡索锚固结构设置于基础中间,能够为拱桥吊装施工预留空间。平衡索锚固结构包括平衡索预留孔道,平衡索穿过平衡索预留孔道并用锚具锚固于基础混凝土上,在基础混凝土后侧连接用于调整平衡索索力的张拉设备;在平衡索锚固结构的基础混凝土上对应增设立柱,同一侧相邻的立柱之间也连接有横联和斜撑,立柱还通过横联与左幅塔架基础和右幅塔架基础相应高度的节点板连接。在平衡索锚固结构的基础混凝土上新增压重立柱及横联,保证基础结构整体受力合理,避免基础出现应力集中;充分利用塔架重力及塔架结构吊装、斜拉扣挂向下合力对平衡索锚固结构进行压重,在保证安全前提下能够有效减小结构混凝土用量。

[0014] 进一步优选的:所述的基础混凝土内的预埋立柱上设置有用于与基础混凝土增强连接的剪力钉。

[0015] 进一步优选的:所述的平衡索锚固结构的设置高度高于左幅塔架基础和右幅塔架基础的基础混凝土。将平衡索锚固结构设置在左幅塔架基础和右幅塔架基础之间的基础混凝土内,且设置于地面之上,方便进行平衡索锚固作业,且减小平衡索对主拱肋吊装等其他施工作业的影响。

[0016] 进一步优选的:所述的左幅塔架基础和右幅塔架基础的预埋立柱之间都分别连接有定位骨架。定位骨架采用角钢形式,方便连接,且节省材料。

[0017] 本刚性系杆拱桥缆索吊装塔架基础结构及其施工方法将平衡索锚固结构与塔架基础做融合式设计,充分利用塔架重力及塔架结构吊装、斜拉扣挂向下合力对平衡索锚固结构进行压重,在保证安全前提下能够有效减小结构混凝土用量,减少施工流程,节省工期,具有良好的经济性;利用塔架重力、斜拉扣挂索力、主索索力等向下合力作为平衡索锚固结构压重,极大提高了多功能基础的稳定性;优化平衡索布置位置,将平衡索张拉锚固于塔架基础中部,减小平衡索对拱桥其他结构吊装施工的影响。同时,相对于其他布置方案,平衡索布置更集中,便于施工中平衡索索力控制调整。

附图说明

[0018] 图1是塔架基础结构的立体结构示意图;

图2是塔架基础结构的主视示意图;

图3是图2中基础混凝土的局部剖面的俯视示意图;

图4是图2的侧视示意图；

图中的序号对应的名称为：

1、墩台；11、立柱定位钢板；2、预埋立柱；21、剪力钉；3、定位骨架；4、立柱；5、横联；6、斜撑；7、节点板；8、平衡索锚固结构；81、平衡索；82、平衡索预留孔道；83、锚具；84、张拉设备；9、基础混凝土。

具体实施方式

[0019] 下面结合实施例，对发明中的技术方案进行清楚、完整地描述，所描述的实施例仅仅是本发明的一部分，而不是全部的实施例。

实施例

[0020] 一种刚性系杆拱桥缆索吊装塔架基础结构，塔架基础采用桩基础、扩大基础或者扩大基础加桩基组合形式，所述的塔架基础结构包括左幅塔架基础和右幅塔架基础，所述的左幅塔架基础和右幅塔架基础都包括墩台1和基础混凝土9，所述的墩台1设置在基础混凝土9内，墩台1上预埋有立柱定位钢板11，立柱定位钢板11上竖直连接有预埋立柱2，预埋立柱2的下端预埋在基础混凝土9内，墩台1的作用包括立柱精准定位和立柱底部受力控制。预埋立柱2的上端通过节点板7依次接长连接有立柱4，同一侧相邻的立柱4之间连接有横联5和斜撑6，所述的左幅塔架基础和右幅塔架基础的基础混凝土9是用钢筋混凝土连接浇筑形成一个整体的基础混凝土，将左、右幅塔架基础做整体式设计，将其作为一个整体能够提高基础的稳定性。左幅塔架基础和右幅塔架基础之间的基础混凝土9内设置有平衡索锚固结构8，将平衡索锚固结构8设置于基础中间，能够为拱桥吊装施工预留空间。平衡索锚固结构8包括平衡索预留孔道82，平衡索81穿过平衡索预留孔道82并用锚具83锚固于基础混凝土9上，在基础混凝土9后侧连接用于调整平衡索81索力的张拉设备84；在平衡索锚固结构8的基础混凝土9上对应增设立柱4，同一侧相邻的立柱4之间也连接有横联5和斜撑6，立柱4还通过横联5与左幅塔架基础和右幅塔架基础相应高度的节点板7连接。在平衡索锚固结构8的基础混凝土9上新增压重立柱及横联，保证基础结构整体受力合理，避免基础出现应力集中；充分利用塔架重力及塔架结构吊装、斜拉扣挂向下合力对平衡索锚固结构进行压重，在保证安全前提下能够有效减小结构混凝土用量。

[0021] 所述的基础混凝土9内的预埋立柱2上设置有用于与基础混凝土9增强连接的剪力钉21。

[0022] 所述的平衡索锚固结构8的设置高度高于左幅塔架基础和右幅塔架基础的基础混凝土9。将平衡索锚固结构8设置在左幅塔架基础和右幅塔架基础之间的基础混凝土9内，且设置于地面之上，方便进行平衡索锚固作业，且减小平衡索对主拱肋吊装等其他施工作业的影响。

[0023] 所述的左幅塔架基础和右幅塔架基础的预埋立柱2之间都分别连接有定位骨架3。定位骨架3采用角钢形式，方便连接，且节省材料。

[0024] 所述的刚性系杆拱桥缆索吊装塔架基础结构的施工步骤为：步骤一、进行塔架基础结构受力计算，设计塔架基础结构尺寸，左幅塔架基础和右幅塔架基础的基础混凝土整体设计；

步骤二、按照设计形式进行基坑开挖；

步骤三、浇筑墩台1，预埋立柱定位钢板11；

步骤四、在立柱定位钢板11上安装预埋立柱2，在预埋立柱2上焊接定位骨架3；

步骤五、绑扎基础钢筋，在基础混凝土9的中间位置预留平衡索预留孔道82，整体浇筑基础混凝土9；

步骤六、在基础混凝土9保养合格后，在预埋立柱2及平衡索预留孔道82上安装对应的立柱4、横联5、斜撑6和节点板7。

[0025] 在塔架基础结构尺寸形式设计时，需要进行多功能基础地基承载力、结构内力、结构稳定性计算，其中塔架基础结构稳定性计算中，需进行抗滑动、抗倾覆、抗拉计算；以扩大基础为例，计算分析时，需考虑基础自重，土压力、摩擦力、塔架自重、主索索力、斜拉扣索索力对基础的影响，计算过程中可选择最不利工况进行分析，并进行基础尺寸优化；塔架基础结构压重大，能够极大减小基础混凝土方量；扩大基础对地质要求较高，基坑放坡开挖过程中注意排水，在地质较差环境下基底需要换填碎石；墩台1形状以方便立模为主，可以圆形或者方形。浇筑时在墩台顶预埋立柱定位钢板11，立柱定位钢板11主要作用是精准定位和避免应力集中；基础混凝土浇筑属于大体积混凝土浇筑，为避免混凝土裂缝产生，可采用分层浇筑施工工艺。

[0026] 在塔架基础结构尺寸形式设计时，需要进行多功能基础基底反力计算、地基承载力验算、基础底板抗弯计算、基础底板正、负抗弯选筋、基础底板抗剪验算、基础底板抗冲切验算、局压验算和基础结构稳定性计算，其中塔架基础结构稳定性计算中，需进行抗滑动、抗倾覆、抗拔计算。

[0027] 考虑塔架自重、主索索力、扣索索力、风荷载等对塔架立柱基底的影响，通过有限元软件模拟塔架在缆索吊装施工阶段受力状态，提取最不利情况下每个塔架立柱基底所承受的轴力N、纵桥向弯矩Mx和横桥向弯矩My。同时，拱桥缆索吊装施工中拱脚水平推力需要平衡索索力控制调整，塔架基础计算需要考虑平衡索锚固结构所拉平衡索合力$\sum F_t$。在塔架基础结构尺寸形式设计时，需要进行多功能基础基底反力计算、地基承载力验算、基础底板抗弯计算、基础底板抗弯选筋、基础底板抗剪验算、基础底板抗冲切验算、局压验算和基础结构稳定性计算，其中塔架基础结构稳定性计算中，需进行抗滑动、抗倾覆、抗拔计算；

假定基底反力呈直线分布，基底无拉应力出现，标准荷载作用下的基底平均压力计算公式为：

$$P_k=\frac{N_k+G_k}{A}$$

[0028] 基底最大压力计算公式为：

$$P_k=\frac{N_k+G_k}{A}+\frac{|M_{xk}|}{W_x}+\frac{|M_{yk}|}{W_y}$$

[0029] 基底最小压力计算公式为：

$$P_k=\frac{N_k+G_k}{A}-\frac{|M_{xk}|}{W_x}-\frac{|M_{yk}|}{W_y}$$

[0030] 式中：

N_k——	相应于荷载标准值时，统计到基础底面形心的竖向力（kN）；
G_k——	基础自重和基础上的土重之和（kN）；
A——	基础底面面积（m^2）；
M_{xk}——	相应于荷载标准值时，统计到基础底面形心的相对于x轴的弯矩（kN.m）；
M_{yk}——	相应于荷载标准值时，统计到基础底面形心的相对于y轴的弯矩（kN.m）；
W_x——	基础底面相对于x轴的抵抗矩（m^3）；
W_y——	基础底面相对于y轴的抵抗矩（m^3）。

[0031] 塔架基础预埋段立柱荷载转化到基础底面形心处的等效荷载：

$$\begin{cases} N_k = \sum_{i=1}^{n} N_{ki} \\ M_{xk} = \sum_{i=1}^{n} (M_{xki} - V_{yki}h - N_{ki}s_{yi}) \\ M_{yk} = \sum_{i=1}^{n} (M_{yki} - V_{xki}h - N_{ki}s_{xi}) \end{cases}$$

[0032] 式中：

n	——	塔架基础立柱总数；
N_{ki}	——	立柱 i 的轴力标准值（kN）；
M_{xki}	——	立柱 i 相对于 x 轴的弯矩标准值（kN.m）；
M_{yki}	——	立柱 i 相对于 y 轴的弯矩标准值（kN.m）；
V_{xki}	——	立柱 i 的 x 向剪力标准值（kN）；
V_{yki}	——	立柱 i 的 y 向剪力标准值（kN）；
h	——	剪力作用点至基底的垂直距离（m）；
S_{xi}	——	立柱 i 中心与基础底面中心的 x 向距离（m），柱中心在基础底面中心右方时为正，反之为负；
S_{yi}	——	立柱 i 中心与基础底面中心的 y 向距离（m），柱中心在基础底面中心上方时为正，反之为负。

[0033] 塔架基础需要对其进行地基承载力验算,承载力验算压力取荷载效应标准组合,地基承载力验算满足如下公式则表示地基承载力验算通过：

$$P_k \le f_a$$

$$P_{k\max} \le 1.2 f_a$$

[0034] 式中：

p_k	——	相应于荷载效应标准组合时，基础底面处的平均压力值（kPa）；
p_{kmax}	——	相应于荷载效应标准组合时，基础底面边缘的最大压力值（kPa）；
f_a	——	修正后的地基承载力特征值（kPa）。

[0035] 在所有的立柱与塔架基础交接处均选取截面计算弯矩。计算截面分为两种:垂直于x轴的截面和垂直于y轴的截面,对这两种类型的截面分别进行计算,并分别选取最大的弯矩值作为抗弯配筋计算弯矩。在立柱与基础底板连接处选取与坐标轴垂直的截面,并截取隔离体计算截面的弯矩值。将所截取的部分视为承受基底反力和集中荷载(柱子传递的荷载)的悬臂梁,则可求出截面处的弯矩。根据求得弯矩值对基础底板进行配筋,扩展基础受力钢筋最小配筋率不应小于0.15%。

[0036] 在塔架基础抗剪验算中,应满足如下计算公式：

$$\begin{cases} V \le 0.7\beta_h f_t A_c \\ \beta_h = (800/h_0)^{0.25} \end{cases}$$

[0037] 式中：

V	——各计算截面竖向剪力值（kN）；
β_h	——截面高度影响系数；
h_0	——计算截面处的截面有效高度（mm），当 $h_0<800$mm 时，取 $h_0=800$mm，当 $h_0>2000$mm 时，取 $h_0=2000$mm；
f_t	——混凝土轴心抗拉强度设计值（N/mm²）；
A_c	——计算截面的有效面积（mm²）。

[0038] 在塔架基础抗冲切验算中,按破坏锥体单侧截面验算,对立柱与基础底板交接处的全部四个侧面分别进行冲切验算：

$$\begin{cases} F_1 \le 0.7\beta_{hp} f_t A_c \\ F_1 = P_{max} A_1 - \sum N' - 0.5\sum N'' \end{cases}$$

[0039] 式中：

F_1	——局部冲切荷载设计值（kN）；
β_{hp}	——受冲切承载力截面高度影响系数，当 $h \leqslant 800$mm 时取 1.0；当 $h \geqslant 2000$mm 时取 0.9，其间按线性内插法取；
f_t	——混凝土轴心抗拉强度设计值（N/mm²）；
A_c	——抗冲切截面水平投影面积（mm²）；
p_{max}	——基础底面最大净反力设计值（kPa）；
A_1	——计算冲切荷载取用的基础底面的面积（m²）；
N'	——中心落在计算冲切荷载取用的基础顶面范围内的柱子的竖向轴力设计值（kN）；
N''	——中心落在计算冲切荷载取用的基础顶面范围边缘的柱子的竖向轴力设计值（kN）；

[0040] 在塔架基础局压验算中,应满足如下计算公式：

$$\begin{cases} F_l \le 1.35\beta_c\beta_l f_c A_{ln} \\ \beta_l = \sqrt{\dfrac{A_b}{A_l}} \end{cases}$$

[0041] 式中：

F_l	——柱子竖向轴力设计值（kN）；
f_c	——混凝土轴心抗压强度设计值（N/mm²）；
β_c	——混凝土强度影响系数；
β_l	——混凝土局部受压时的强度提高系数；
A_l	——混凝土局部受压面积（mm²）；
A_{ln}	——混凝土局部受压净面积（mm²）；
A_b	——局部受压的计算底面积（mm²）。

[0042] 对于塔架基础结构稳定性计算，已知塔架重力G、塔架重量抗倾覆力矩M_g、塔架平衡索索力合力$\sum F_t$、塔架平衡索索力倾覆力臂b、平衡索水平夹角α和塔架基底摩擦力f，需进行抗滑动、抗倾覆、抗拔安全系数计算。

[0043] 在深度z处任意一点的被动土压力强度P_p的表达式为：

$$P_p = \sigma_1 = \gamma z \tan^2(45^\circ + \frac{\varphi}{2}) + 2\tan^2(45^\circ + \frac{\varphi}{2}) = \gamma z K_p + 2c\sqrt{K_p}$$

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \frac{\varphi}{2})$$

[0044] 式中γ为岩土重度，φ为岩土内摩擦角，K_p为被动土压力系数。

[0045] 横截面被动土压力合力为(安全考虑，取作用在塔架基础高的H/3处)：

$$P_p = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_p + 2c\sqrt{K_p}$$

[0046] 合力作用位置通过梯形面积重心，总被动土压力$P_{总}$：

$$P_{总} = wP_p$$

[0047] 土体抗倾覆力矩M_0：

$$M_0 = P_{总} \times \frac{H}{3}$$

[0048] 塔架基础水平抗力$P = f + P_{总}$，总平衡索水平索力$F_H = \cos\alpha \times \sum F_t$，抗滑动安全系数$K_1 = P / F_H > [K_1] = 2.0$；抗倾覆力矩$M = M_g + M_0$，水平拉力合力倾覆力矩$M_t = \sum F_t \times b$，抗

倾覆安全系数$K_2=M/M_t=2.72>[K_2]=2.0$;总平衡索竖向索力$F_V=\sin\alpha\times\sum F_t$,抗拔安全系数:$K_3=G/F_V>[K_3]=2.0$。

[0049] 当计算结果显示抗滑动安全系数、抗倾覆安全系数和抗拔安全系数均大于2时,塔架基础稳定性满足要求。

[0050] 上述说明并非是对本发明的限制,本发明也并不限于上述实例,本技术领域的普通技术人员,在本发明的实质范围内,作出的变化、改型、添加或替换,都应属于本发明的保护范围。

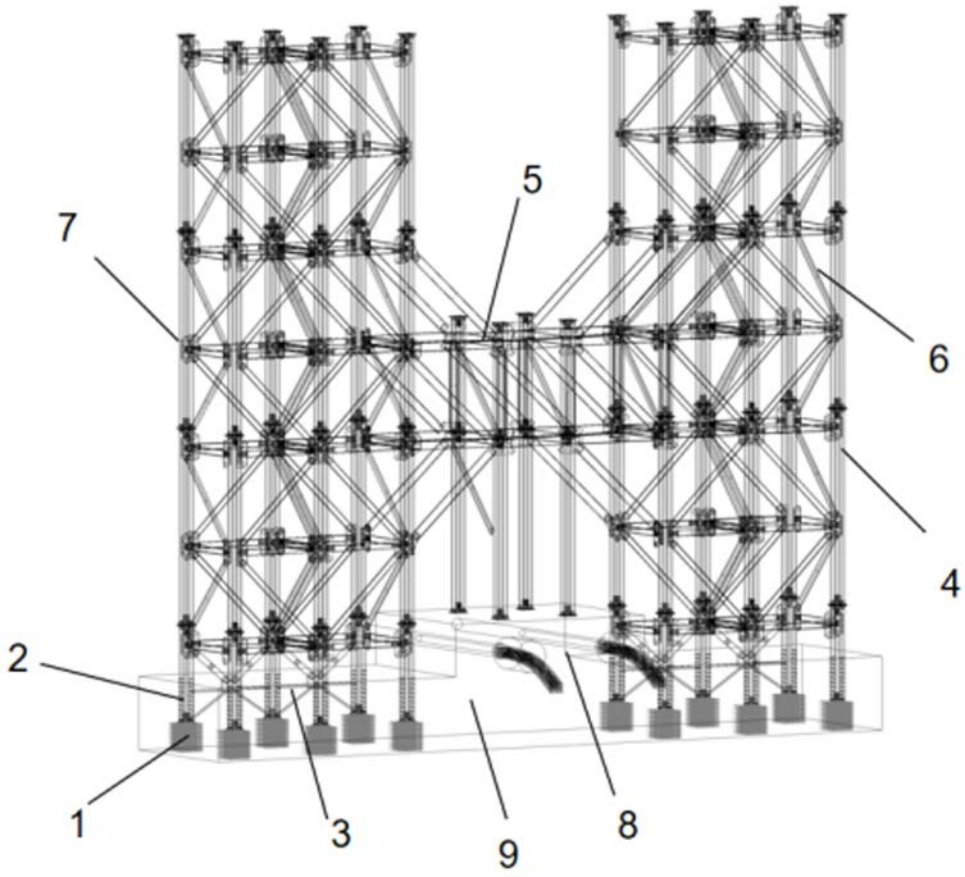


图 1

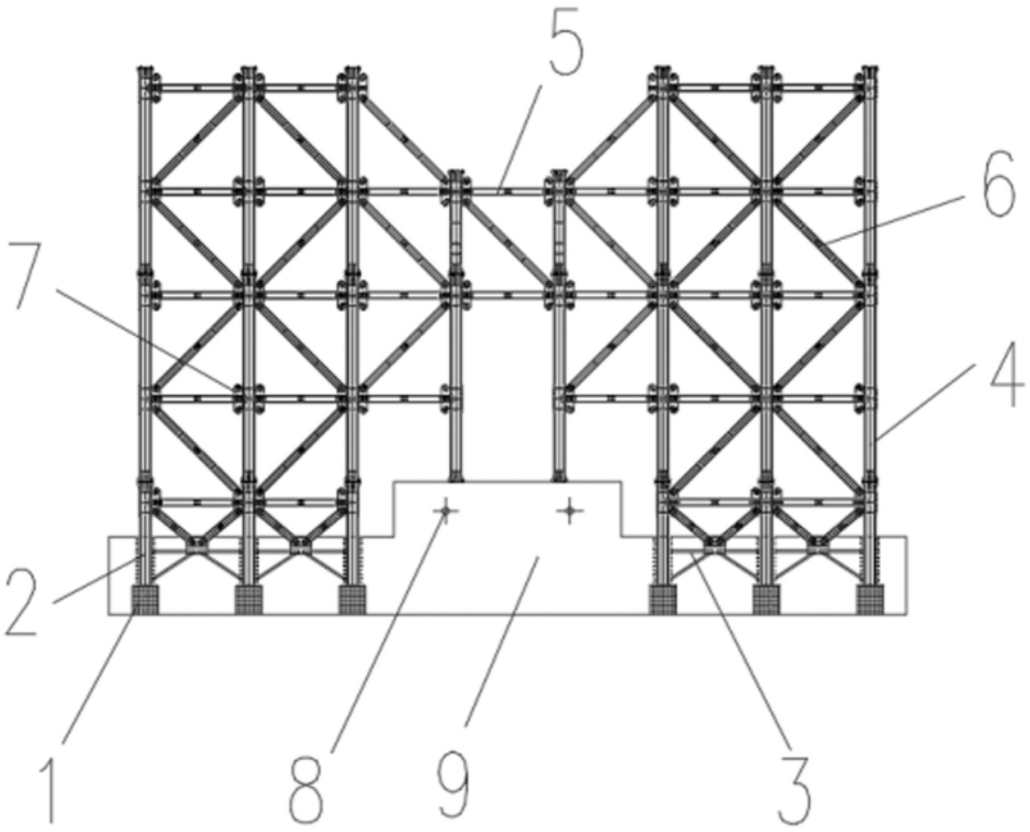


图 2

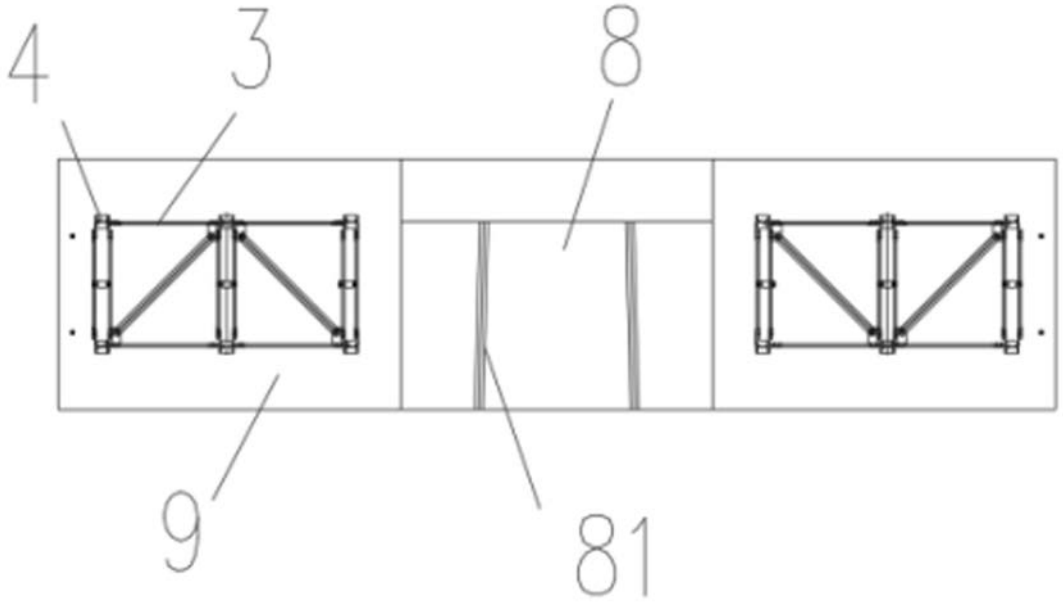


图 3

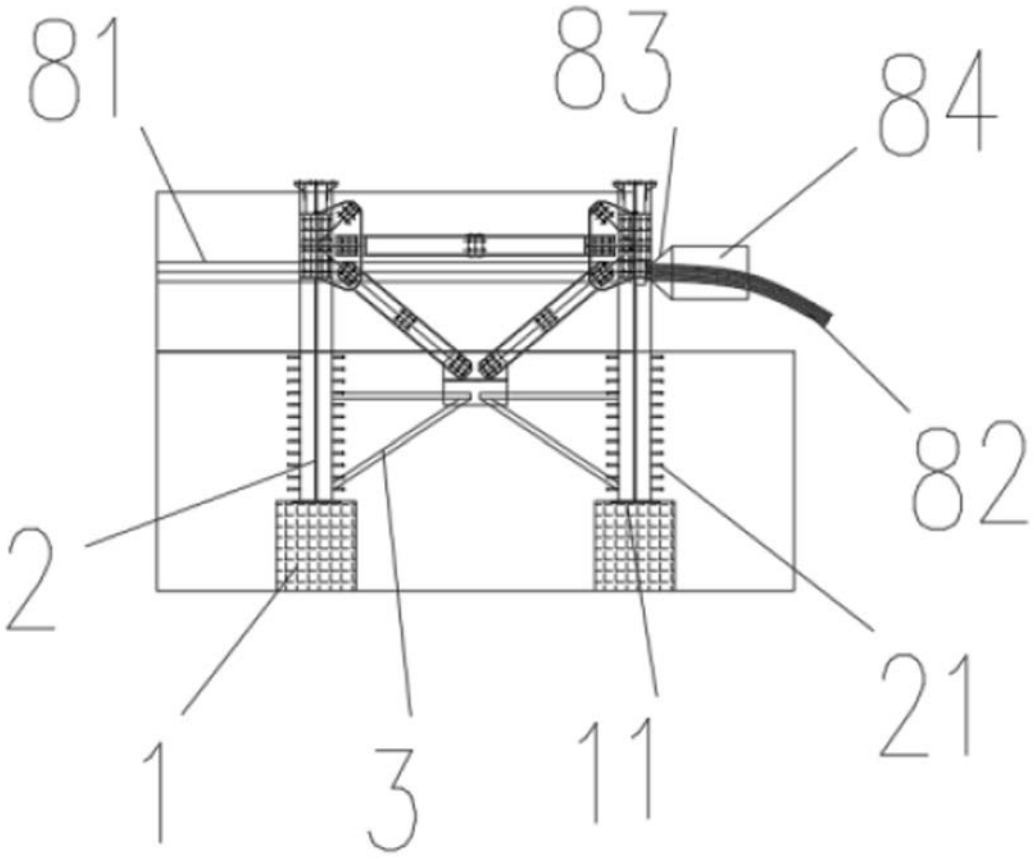


图 4