



# (12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 210458909 U

(45)授权公告日 2020.05.05

(21)申请号 201920938602.X

E01D 21/00(2006.01)

(22)申请日 2019.06.20

E01D 19/14(2006.01)

G06F 30/13(2020.01)

(73)专利权人 中铁大桥勘测设计院集团有限公司

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

地址 430000 湖北省武汉市武汉经济技术开发区博学路8号

(72)发明人 秦顺全 苑仁安 许磊平 徐伟  
傅战工 陆勤丰 郑清刚 周子明  
侯健 张皓清

(74)专利代理机构 武汉智权专利代理事务所  
(特殊普通合伙) 42225

代理人 沈林华

(51)Int.Cl.

E01D 11/04(2006.01)

E01D 19/00(2006.01)

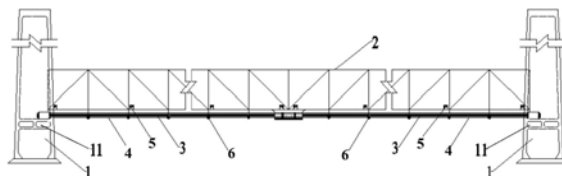
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

## (54)实用新型名称

温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统

## (57)摘要

本实用新型涉及大跨度桥梁结构的约束体系领域,公开了一种温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统,包括:两根主塔,每根所述主塔均设有下横梁;主梁,其穿过两根所述主塔并设于所述下横梁上,所述主梁的两侧均设有下弦杆;两根所述主塔之间的主梁两侧均设有两组钢拉杆,每组所述钢拉杆一端与对应所述主塔的下横梁连接,另一端与所述主梁上的下弦杆的中心点连接;外包套管,其套设在所述钢拉杆外,并与所述钢拉杆之间留有间隙;温控系统,其设在主梁上并与所述外包套管和钢拉杆之间的间隙连通。本实用新型能有效地同时改善主梁在温度和风荷载作用下,以及活载作用下的主塔的受力情况,并同时降低主梁的梁端纵向位移。



1. 一种温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统,其特征在于,所述温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统包括:

两根主塔(1),每根所述主塔(1)均设有下横梁(11);

主梁(2),其穿过两根所述主塔(1)并设于所述下横梁(11)上,所述主梁(2)的两侧均设有下弦杆(21);

两根所述主塔(1)之间的主梁(2)两侧均设有两组钢拉杆(3),

每组所述钢拉杆(3)一端与对应所述主塔(1)的下横梁(11)连接,另一端与所述主梁(2)上的下弦杆(21)的中心点连接;

外包套管(4),其套设在所述钢拉杆外,并与所述钢拉杆之间留有间隙;

温控系统(5),其设在主梁(2)上并与所述外包套管(4)和钢拉杆(3)之间的间隙连通。

2. 如权利要求1所述的温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统,其特征在于,所述温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统还包括多根托轴(6),所述托轴(6)沿所述主梁(2)的延伸方向设于所述两根主塔(1)之间的下弦杆(21)上,所述钢拉杆(3)搭设于所述托轴(6)上。

3. 如权利要求2所述的温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统,其特征在于:所述托轴(6)为滚轮式托轴。

4. 如权利要求2所述的温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统,其特征在于:所述托轴(6)的间距为14m。

5. 如权利要求1所述的温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统,其特征在于:所述温控系统(5)包括多个温控装置,每个温控装置与所述外包套管(4)和钢拉杆(3)之间的间隙连通,相邻的两个温控装置的间距为28m。

6. 如权利要求1所述的温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统,其特征在于:所述外包套管(4)的两端与所述钢拉杆(3)密封连接,并且外包套管(4)的至少一端与所述钢拉杆(3)滑动连接。

7. 如权利要求1所述的温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统,其特征在于:所述外包套管(4)与所述钢拉杆(3)之间间隔设有支撑板。

## 温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及大跨度桥梁结构的约束体系领域,具体涉及温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统。

### 背景技术

[0002] 人民生活水平的不断提高对交通出行提出了更高的要求,桥梁结构在我国主要的高铁线路中所占比例高,行车安全性和舒适性对桥梁结构提出了更高的要求。此外,新结构和新材料不断进步,桥位资源愈加宝贵,采用大跨度公铁合建可提高桥位资源的利用效率。大跨桥梁跨度大、荷载重。风荷载、温度荷载、活载作用下主梁会产生较大的梁端顺桥向位移,主塔会产生较大的弯矩,需要采取适当的技术方案改善梁端顺桥向位移和主塔弯矩。如果按照传统的做法,塔梁之间一般采用阻尼约束方案、限位约束方案、弹性索约束方案。上述约束方案有如下一些不足:

[0003] (1) 阻尼约束方案:在主塔与主梁之间设顺桥向阻尼器。可大幅降低动力作用下主梁的位移幅度和主塔弯矩,且可以适应温度荷载的变形。但是,对于风荷载、活载,该约束方案对结构顺桥向响应基本无效。因此,大位移量的顺桥向位移对桥面行车带来不利影响,也对支座、梁端伸缩系统、轨道伸缩调节器的设计带来挑战,并且无法改善主塔受力。

[0004] (2) 限位约束方案:在其中一个主塔下横梁位置设置固定支座。可有效控制主梁位移至合理范围、降低风荷载产生的主塔弯矩。但是,该方案约束了温度荷载的主梁变形,增加了主塔的控制弯矩,提高了主塔造价。另外限位系统反力矩大,结构设计困难;限位系统和主梁之间的冲击作用,对桥面行车也带来不利影响。

[0005] (3) 弹性索约束方案:利用钢材质钢拉杆将主塔和主塔附近的主梁进行顺桥向连接,该方案可有效降低梁端顺桥向位移和风荷载作用的主塔弯矩。但是,该方案约束了温度荷载的主梁变形,增加了主塔的控制弯矩,提高了主塔造价。且弹性钢拉杆一般较长,张拉力较低,垂度效应明显,弹性索刚度损失明显。

[0006] 现有的约束方案均不能同时改善主梁在温度和风荷载作用下,以及活载作用下的主塔的受力情况,并不能同时降低主梁的梁端顺桥向位移。

### 实用新型内容

[0007] 针对现有技术中存在的缺陷,本实用新型的目的在于提供一种温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统,能有效地同时改善主梁在温度和风荷载作用下,以及活载作用下的主塔的受力情况,并同时降低主梁的梁端顺桥向位移。

[0008] 为达到以上目的,本实用新型采取的技术方案是:

[0009] 本实用新型提供一种温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统,所述温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统包括:

[0010] 两根主塔,每根所述主塔均设有下横梁;

[0011] 主梁,其穿过两根所述主塔并设于所述下横梁上,所述主梁的两侧均设有下弦杆;

- [0012] 两根所述主塔之间的主梁两侧均设有两组钢拉杆，
- [0013] 每组所述钢拉杆一端与对应所述主塔的下横梁连接，另一端与所述主梁上的下弦杆的中心点连接；
- [0014] 外包套管，其套设在所述钢拉杆外，并与所述钢拉杆之间留有间隙；
- [0015] 温控系统，其设在主梁上并与所述外包套管和钢拉杆之间的间隙连通。
- [0016] 在上述技术方案的基础上，所述温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统还包括多根托轴，所述托轴沿所述主梁的延伸方向设于所述两根主塔之间的下弦杆上，所述钢拉杆搭设于所述托轴上。
- [0017] 在上述技术方案的基础上，所述托轴为滚轮式托轴。
- [0018] 在上述技术方案的基础上，所述托轴的间距为14m。
- [0019] 在上述技术方案的基础上，所述温控系统包括多个温控装置，每个温控装置与所述外包套管和钢拉杆之间的间隙连通，相邻的两个温控装置的间距为28m。
- [0020] 上述技术方案的基础上，所述外包套管的两端与所述钢拉杆密封连接，并且外包套管的至少一端与所述钢拉杆滑动连接。
- [0021] 与既有技术相比，本实用新型的优点在于：在主梁与主塔之间以钢拉杆连接，提高了主梁的纵向刚度。当主梁受到顺桥向的风荷载作用时，一部分风荷载转化为钢拉杆的内力，增加的内力通过主塔的下横梁传给主塔，改变了既有技术中主梁风荷载通过斜拉索传递到主塔顶部的传力路径，减小了主塔的弯矩，降低了主塔尺寸和基础规模，节省成本。另外采用钢拉杆连接主塔下横梁与中跨主梁的中心点，在温度荷载作用下，由于主塔下横梁和中跨主梁中心点均是固定点，使得主梁变形不受约束。此外，钢拉杆通过温控系统维持其处于恒温工作状态，不受环境温度影响。根据桥梁结构对上述两种荷载的受力特点，本实用新型不仅大大降低了纵风荷载引起的主塔弯矩，同时避免了既有技术将主梁和主塔在下横梁处连接，温度变形无法释放，主塔弯矩增大的缺陷，本实用新型可自动适应温度的变化。对铁路活载而言，钢拉杆约束体系提高了主梁纵向刚度，使主塔弯矩影响线向靠近主塔位置移动，且影响线分布趋于均匀，进而减小了活载引起的主塔底弯矩，且同时降低了主梁在风荷载、活载作用下的梁端顺桥向位移。

## 附图说明

- [0022] 图1为本实用新型实施例中温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统的结构示意图；
- [0023] 图2为本实用新型实施例中温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统的俯视结构示意图；
- [0024] 图3为本实用新型实施例中n值变化时主塔弯矩变化图；
- [0025] 图4为本实用新型实施例中两主塔之间的主梁安装钢拉杆的结构示意图；
- [0026] 图5为本实用新型实施例中主梁横截面上钢拉杆的锚固示意图；
- [0027] 图6为本实用新型实施例中主梁上安装钢拉杆和托轴的结构示意图；
- [0028] 图7为本实用新型实施例中主梁上安装钢拉杆和温控系统的结构示意图；
- [0029] 图8为本实用新型实施例中下横梁处安装钢拉杆的结构示意图；
- [0030] 图中：1-主塔，11-下横梁，2-主梁，21-下弦杆，3-钢拉杆，4-外包套管，5-温控系

统,6-托轴,7-辅助墩,8-边墩,9-双向活动支座,10-单向活动支座。

### 具体实施方式

[0031] 以下结合附图及实施例对本实用新型作进一步详细说明。

[0032] 本实用新型实施例提供该温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束方法。该方法配合温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统使用。图1为本实用新型实施例中温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统的整体示意图,图2为本实用新型实施例中温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统的俯视结构示意图。将该方法应用于图1和图2所示的斜拉桥上,可以同时改善主梁在顺桥向风荷载及活载作用下主塔的受力情况,且大幅降低主梁的梁端顺桥向位移;同时与既有技术相比,温度荷载的变化不会引起桥梁结构的不利内力和位移,体系对温度自适应。

[0033] 该温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束方法包括:

[0034] S1:根据桥梁结构受力分析确定钢拉杆的截面面积A,为设置顺桥向约束做准备,具体过程为:

[0035] S11:根据主塔的截面尺寸和材料特性,计算主塔在最不利荷载组合下的控制弯矩。具体地,通过桥梁结构受力分析,得到最不利荷载组合下的主塔内力,设计出主塔截面,根据主塔截面特性和材料的容许应力求解出主塔在最不利荷载组合下允许承受的最大弯矩,最大弯矩即为控制弯矩。

[0036] S12:建立带有所述钢拉杆的斜拉桥结构有限元模型,并给钢拉杆施加初始张拉力T。为后续的有限元计算提供初始参数。

[0037] 具体地,建立含钢拉杆的斜拉桥结构有限元模型,执行静力分析,获得钢拉杆的最大拉力,用最大拉力与初始张拉力的差值 $\Delta T$ 更新初始张拉力T。

[0038] S13:设模型中钢拉杆由n股截面积为a的子钢拉杆组成,n为正整数,n初始值设为1,在有限元模型中逐步增大n值,计算各n值对应的主塔在最不利荷载组合下的塔底弯矩。

[0039] 最不利荷载组合需要考虑主力和附加力的包络,主力包括恒载和活载。恒载包括结构构件及附属设备的自重,混凝土收缩的和徐变的影响,土压力等。活载包括列车荷载和汽车车道荷载。附加力为制动力、牵引力、风力、流水压力和温度力等。

[0040] S14:根据n值与主塔弯矩的对应关系,找到满足主塔弯矩小于对应主塔的控制弯矩的n的最小值。

[0041] S15:根据对应的n值和子钢拉杆面积a求得满足主塔结构安全的钢拉杆的截面面积A。在本实施例中,每股子钢拉杆为127丝直径7mm的丝股组成。

[0042] 具体地对S1步骤进行举例说明:

[0043] 首先根据最不利荷载组合作用下的主塔弯矩,设计出主塔截面,根据主塔截面和材料的容许应力求解出主塔在最不利荷载组合下允许承受的最大弯矩,即为控制弯矩。

[0044] 建立含钢拉杆的斜拉桥结构有限元模型,首先假定钢拉杆初始张拉力500吨,对桥梁结构进行静力分析,得到钢拉杆在最不利荷载组合下的最大拉力1250,将最大拉力与初始张拉力的差值750吨作为钢拉杆最终的初始张拉力。

[0045] 设模型中钢拉杆由n股截面积为a的子钢拉杆组成,n为正整数,n初始值设为1,在有限元模型中逐步增大n值,计算各n值对应的主塔在最不利荷载组合下的塔底弯矩;

[0046] 图3为n值变化时主塔弯矩变化图。根据该图3可知：①温度荷载作用下，主塔弯矩不变，顺桥向约束可自动适应温度效应；②随着钢拉杆截面面积A的增大，主塔的顺桥向风弯矩逐渐变小；③随着钢拉杆截面面积A的增大，主塔的活载弯矩先变小，后基本不变。

[0047] 当n等于5时，主塔在主力和附加力下的弯矩小于对应的主塔的控制弯矩。

[0048] 在本实施例中，每根钢拉杆设置7股子钢拉杆，每股子钢拉杆由127丝直径7mm的丝股组成。此时该n值对应的钢拉杆的截面面积 $A=0.034\text{m}^2$ 即为钢拉杆3的截面面积A。

[0049] 图4为本实用新型实施例中两主塔之间的主梁安装钢拉杆的结构示意图，图5为本实用新型实施例中主梁横截面上钢拉杆的锚固示意图，如图4和图5所示：

[0050] S2：在两根主塔1之间的主梁2的两侧均设置两组钢拉杆3，在钢拉杆3外设置外包套管4并与钢拉杆3之间留有间隙，将每组钢拉杆3一端与对应主塔1的下横梁11连接，另一端与主梁2的下弦杆21的中心点连接。

[0051] 图6为本实用新型实施例中主梁上安装钢拉杆和托轴的结构示意图，如图6所示：

[0052] 在安装钢拉杆之前，在设置钢拉杆3区域的下弦杆21上设置用于支撑钢拉杆3的托轴6。

[0053] 在本实施例中，在下弦杆上间隔14m左右设置托轴6，设置托轴可为钢拉杆提供竖向支撑，减小钢拉杆由于自身重力产生的垂度效应，使钢拉杆提供充分的顺桥向刚度，也可延长钢拉杆的使用寿命。

[0054] 另外托轴6采用滚轮式托轴，可使钢拉杆3在受温度或者风荷载伸长时，减小托轴6和钢拉杆3之间的摩擦力，可提高钢拉杆3和托轴6的使用寿命。

[0055] 图7为本实用新型实施例中主梁上安装钢拉杆和温控系统的结构示意图，如图7所示：

[0056] S3：布设温控系统5并与外包套管4和钢拉杆3之间的间隙连通。

[0057] 温控系统5包括多个温控装置，将温控装置布设在下横梁的下弦杆上间隔28m左右，布设温控系统可为钢拉杆提供恒温的工作环境，且不受外界环境温度的影响。

[0058] 下表给出未采用该顺桥向约束技术和采用该顺桥向约束技术的塔底弯矩和梁端顺桥向位移。由下表可以看出，主力+附加力组合塔底弯矩降低26%，梁端顺桥向位移约降低31%，效果非常明显。

类型	主塔弯矩/万吨.m		梁端顺桥向位移 /m
	主力	主+附加力	
现有技术	62	110	2.15
本实用新型技术	49	81	1.49

[0060] 本实用新型将主梁与主塔用钢拉杆连接，提高了主梁的纵向刚度。当主梁受到顺桥方向的风荷载时，将产生顺桥向移动趋势，此时钢拉杆就将主梁受到的风荷载直接传递到主塔的下横梁处，改变了主梁风荷载通过斜拉索传递到主塔顶部的传力路径，降低了主塔弯矩，从而减小了主塔尺寸和基础规模，节省成本。另外采用钢拉杆连接主塔下横梁与中

跨主梁的中心点,在温度荷载作用下,由于主塔下横梁和中跨主梁中心点均是不动点,使得主梁变形不受约束。同时,温控系统保证钢拉杆处于恒温工作环境,不受环境温度影响。根据上述两种荷载模式的受力特点,本实用新型不仅大大降低了纵风荷载引起的主塔弯矩,同时避免了既有技术将主梁和主塔在下横梁处连接,温度变形无法释放,主塔弯矩增大的缺陷,本实用新型可自动适应温度的变化。对铁路活载而言,钢拉杆约束体系提高了主梁纵向刚度,使主塔弯矩影响线向靠近主塔位置移动,且影响线分布趋于均匀,进而减小了活载引起的主塔底弯矩,且同时降低了主梁在风荷载、活载作用下的梁端顺桥向位移。

[0061] 在其他实施例中,也可以将钢拉杆3采用碳纤维增强复合材料 CFRP材料。但是这种材料的造价高,并且两个主塔1之间的跨度大,在实施本方案时的需要钢拉杆的进度高,因此采用碳纤维增强复合材料CFRP材料制成钢拉杆的难度大,需要很先进的工艺才能满足制造要求。

[0062] 图8为本实用新型实施例中下横梁处安装钢拉杆的结构示意图,结合图1、2、4、7和8所示:

[0063] 本实用新型提供一种温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统,该温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统包括:

[0064] 两根主塔1,每根主塔1均设有下横梁11;

[0065] 主梁2,其穿过两根主塔1并设于下横梁11上,主梁2的两侧均设有下弦杆21;

[0066] 两根主塔1之间的主梁2两侧均设有两组钢拉杆3,

[0067] 每组钢拉杆3一端与对应主塔2的下横梁11连接,另一端与主梁2上的下弦杆21的中心点连接;

[0068] 外包套管4,其套设在钢拉杆外,并与钢拉杆之间留有间隙;

[0069] 温控系统5,其设在主梁2上并与外包套管4和钢拉杆3之间的间隙连通。

[0070] 在本实施例中,该温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统还包括两个边墩8,每个边墩8上均在横向各设有双向活动支座9和单向活动支座10;两个辅助墩7,每个辅助墩7均在横向各设有双向活动支座9和单向活动支座10,主梁2的两端设于边墩8和辅助墩7 的双向活动支座9和单向活动支座10,活动支座9和10提供主梁2 竖向支撑力。两根主塔1用来支撑主梁2垂直方向的力,并不将主梁 2固定不动。主梁2的两端设于边墩8、辅助墩7上,用于支撑主梁 2但是并不将主梁2固定不动。这样的设计可以减小主梁2对主塔 1的作用力。

[0071] 采用钢拉杆3连接下横梁11和两主塔1之间中心点的设计可以同时解决主梁2在温度和风荷载作用下对主塔1的受力状况。

[0072] 再次参见图6,优选地,该温度自适应塔梁顺桥向恒温钢拉杆约束系统还包括多根托轴6,托轴6沿主梁2的延伸方向设于两根主塔 1之间的下弦杆21上,钢拉杆3搭设于下弦杆21上。设置托轴6可为钢拉杆3提供竖向支撑,减小钢拉杆3由于自身重力产生的垂度效应,使钢拉杆3提供充分的顺桥向刚度,也可延长钢拉杆3的使用寿命。

[0073] 优选地,托轴6为滚轮式托轴。采用滚轮式托轴可减小托轴6和钢拉杆3之间的摩擦力,可提高钢拉杆3和托轴6的使用寿命。

[0074] 当设置每一侧均设有两根钢拉杆3,则设置两根托轴6支撑钢拉杆3。

[0075] 优选地,托轴6的间距为14m。间距为14m即可满足支撑钢拉杆3的要求,也不至于设

置过密浪费材料。

[0076] 优选地,温控系统5包括多个温控装置,每个温控装置与外包套管4和钢拉杆3之间的间隙连通,相邻的两个温控装置的间距为28m。这样的设计为钢拉杆3提供恒温的工作环境,且不受外界环境温度的影响,避免了钢拉杆3自身受温度影响对主塔1产生的不利影响。

[0077] 优选地,外包套管4的两端与钢拉杆3密封连接,并且外包套管4的至少一端与钢拉杆3滑动连接。这样设计可以使外包套管4在受温度影响时,不至于影响钢拉杆3的受力,避免钢拉杆3对主塔产生不利影响。

[0078] 优选地,外包套管4与钢拉杆3之间间隔设有支撑板。支撑板可以提高外包套管4与钢拉杆3的强度,避免长距离的外包套管4与钢拉杆3在中部贴在一起,影响恒温效果。

[0079] 本实用新型不局限于上述实施方式,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本实用新型原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也视为本实用新型的保护范围之内。本说明书中未作详细描述的内容属于本领域专业技术人员公知的现有技术。



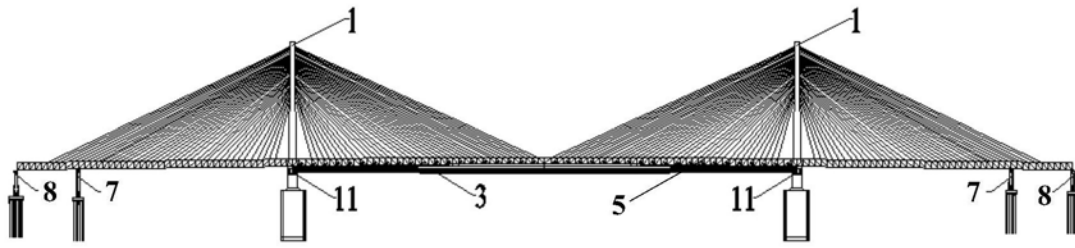


图1

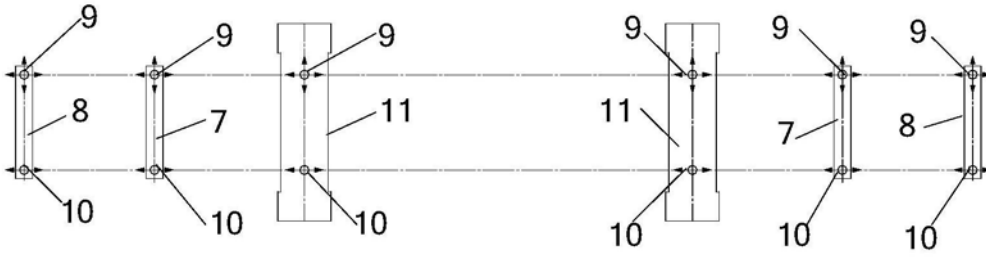


图2

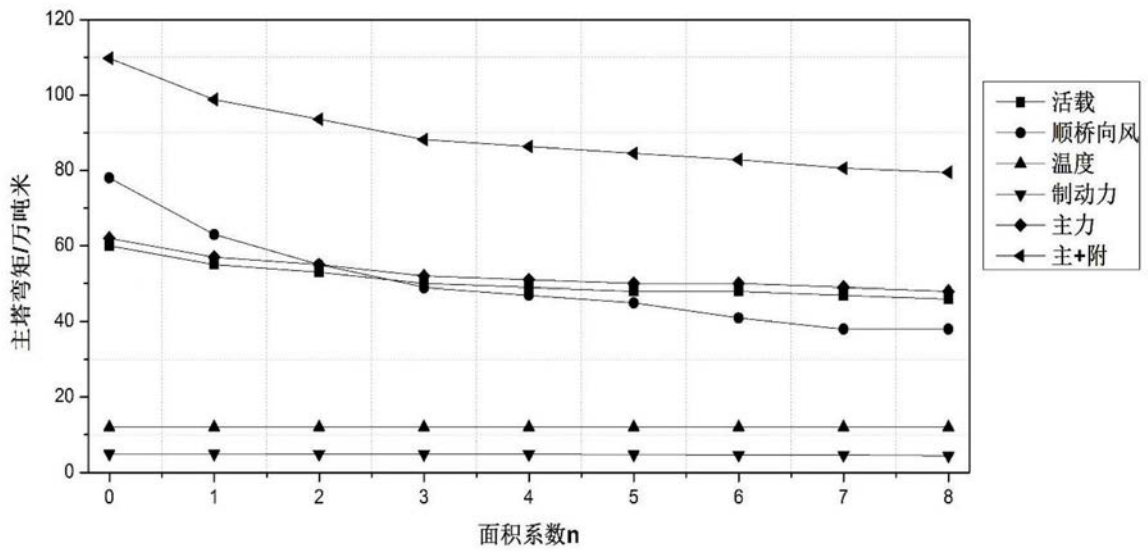


图3

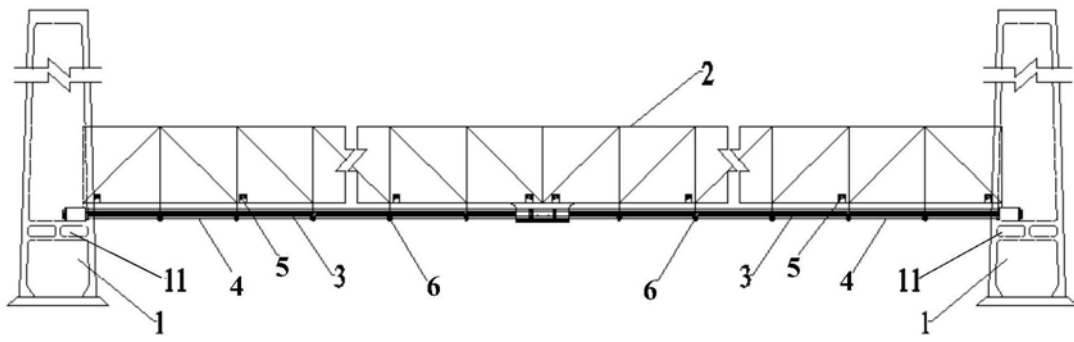


图4

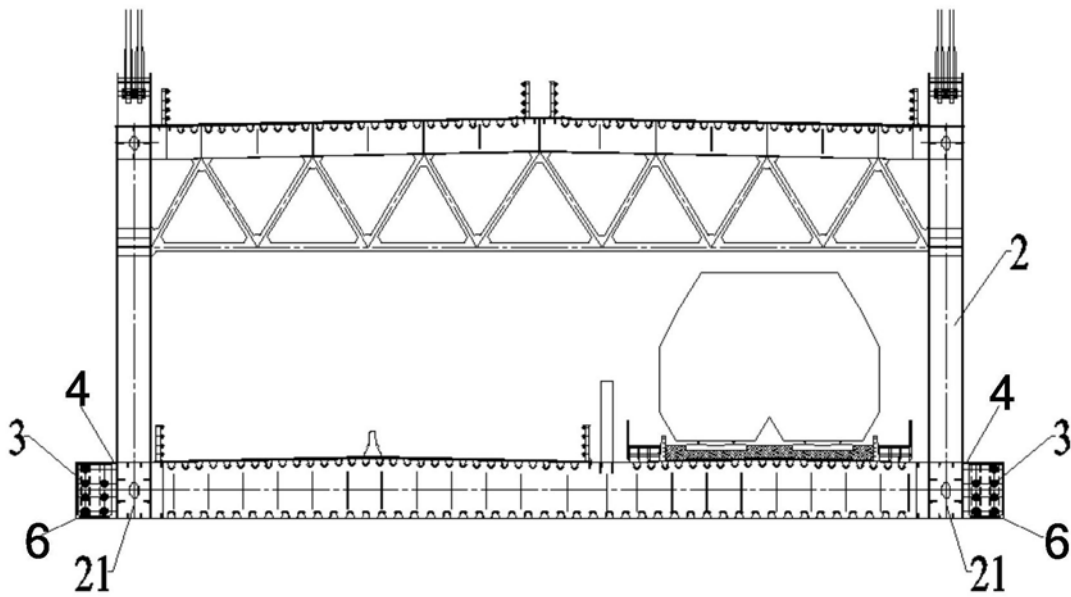


图5

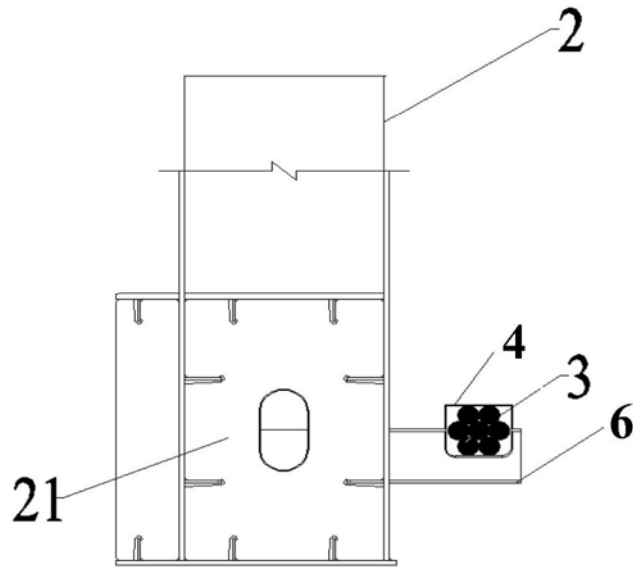


图6

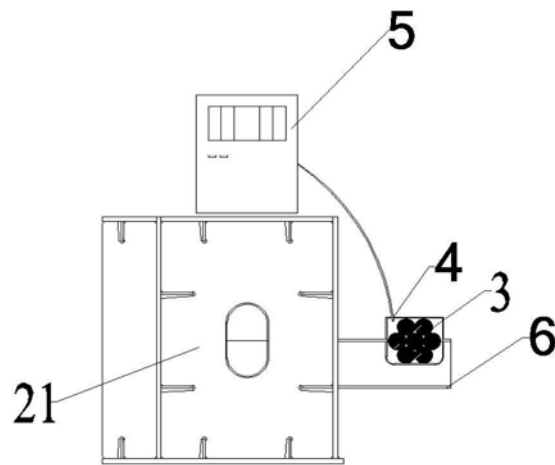


图7

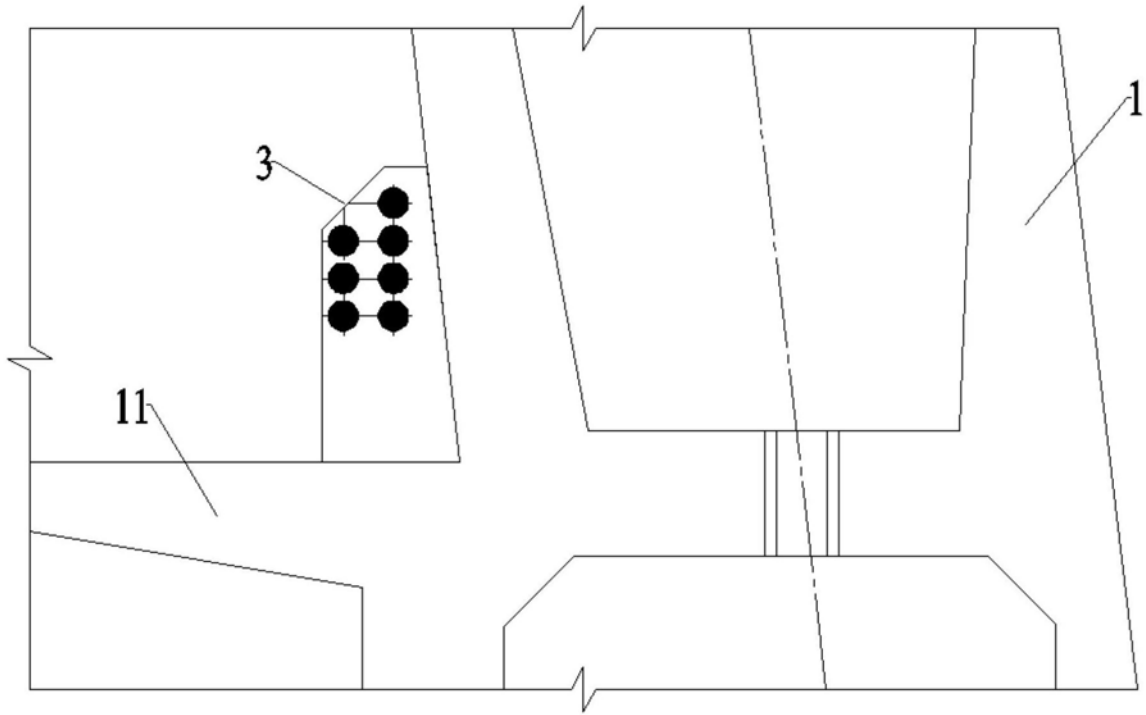


图8