



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105423880 B

(45)授权公告日 2017.11.24

(21)申请号 201510761608.0

(22)申请日 2015.11.10

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105423880 A

(43)申请公布日 2016.03.23

(73)专利权人 长安大学  
地址 710064 陕西省西安市雁塔区二环南路中段126号

(72)发明人 王晓明 杨纪鹏 段瑞芳 孙天  
雷晓鸣 冯加利 周峰琦

(74)专利代理机构 西安恒泰知识产权代理事务所 61216

代理人 李婷

(51)Int.Cl.

G01B 5/30(2006.01)

(56)对比文件

KR 10-0607470 B1,2006.08.02,  
CN 201993210 U,2011.09.28,  
CA 2028505 A1,1992.04.26,  
CN 102288152 A,2011.12.21,  
CN 202274855 U,2012.06.13,  
CN 103090773 A,2013.05.08,  
CN 103791795 A,2014.05.14,  
CN 203908746 U,2014.10.29,  
CN 104567641 A,2015.04.29,  
CN 204495658 U,2015.07.22,

审查员 罗裕

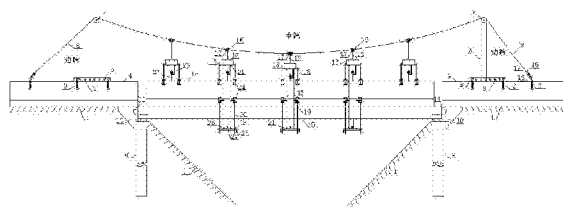
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

一种悬挂主缆测量桥梁挠度的方法

(57)摘要

本发明提供了一种悬挂主缆测量桥梁挠度的方法,该方法在桥梁两侧的桥梁防撞护栏的上方架设主缆,在主缆上倒挂千分表的,每个千分表的测头与桥梁防撞护栏接触;主缆上还悬挂有水平放置在桥梁的桥底面下方的横梁,横梁上按照需要安装有多个千分表,每个千分表的测头顶在桥梁的梁底;横梁上每根主梁下安装的千分表所在的平面与主缆上悬挂的多个千分表所在的平面垂直,使得桥梁上的检测点呈网状分布;试验加载车通过桥梁的桥面,由千分表采集桥梁的挠度数据,结合数据采集仪一起使用。本发明的装置结构简单,便于携带与安装,不影响交通运营;测点能够遍及所有主梁,易于操作且精确性高,抗干扰能力强,能够克服风雨等不利天气影响。



1. 一种悬挂主缆测量桥梁挠度的方法,其特征在于:该方法在桥梁(15)两侧的桥梁防撞护栏(14)的上方架设主缆(8),在主缆(8)上倒挂有多个千分表(27),每个千分表(27)的测头与桥梁防撞护栏(14)接触;

主缆(8)上还悬挂有水平放置在桥梁(15)的桥底面下方的横梁(25),横梁(25)上安装有多个千分表(27),每个千分表(27)的测头顶在桥梁(15)的梁底;

横梁(25)上安装的千分表(27)所在的平面与主缆(8)上倒挂的多个千分表(27)所在的平面垂直,使得桥梁(15)上的检测点呈网状分布;

试验加载车通过桥梁(15)的桥面,通过千分表(27)获得的数据来得到桥梁(15)的挠度。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于:所述的横梁(25)为三个,分别设置在桥梁(15)的桥底面下方的1/4跨位置、跨中位置和3/4跨位置。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于:所述的主缆(8)上悬挂有多个配重块(13),配重块(13)下方焊接有限位板(20),限位板(20)下安装有表架(26),表架(26)上固定有千分表(27),千分表(27)的测头与桥梁防撞护栏(14)接触。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于:所述的限位板(20)上设置有限位孔(18),桥梁防撞护栏(14)上固定安装有限位导杆(22),限位导杆(22)穿过限位孔(18),使得配重块(13)与限位板(20)不受水平干扰。

5. 如权利要求3所述的方法,其特征在于:所述的横梁(25)端部开有限位孔(18),限位导杆(22)穿过横梁(25)上的限位孔(18)。

6. 如权利要求1至5任一权利要求所述的方法,其特征在于:该方法具体包括以下步骤:

步骤一,在测量桥梁挠度前,将一组膨胀螺栓一(2-1)和膨胀螺栓二(2-2)打入桥跨范围之外的防撞墙(4)中预先定好的位置,在膨胀螺栓一(2-1)上安装滑动轨道(5),滑动轨道(5)上安装立柱(6),立柱(6)与滑动轨道(5)通过锁紧螺母(3)锁定,立柱(6)顶端安装定滑轮(7);

步骤二,主缆(8)通过立柱(6)顶端定滑轮(7)转向,边跨的主缆(8)通过钢丝绳拉紧器(19)与膨胀螺栓二(2-2)连接,主缆(8)用不锈钢卡头(17)锁紧,不锈钢卡头(17)内衬绝缘橡胶垫(16);通过调整立柱(6)在滑动轨道(5)上的位置,使主缆(8)张紧,并用销钉固定;

步骤三,桥梁测点处的主缆(8)上的不锈钢卡头(17)下方悬挂配重块(13),配重块(13)与不锈钢卡头(17)间用钢丝绳(12)连接,配重块(13)下方焊接有限位板(20),限位板(20)下安装有表架(26),表架(26)上固定有千分表(27),千分表(27)的测头与桥梁防撞护栏(14)接触;

步骤四,限位板(20)四角开有限位孔(18),限位导杆(22)穿过限位孔(18),限位导杆(22)通过限位杆夹板(24)固定于桥梁防撞护栏(14)上;

步骤五,限位板(20)下还焊接有吊环(21),桥梁(15)下方悬挂横梁(25),横梁(25)上焊有吊环(21),横梁(25)上的吊环(21)与限位板(20)上的吊环(21)通过钢丝绳(12)连接,钢丝绳(12)穿过设置在限位导杆(22)上的限位环(23);

横梁(25)端部开有限位孔(18),限位导杆(22)穿过横梁(25)上的限位孔(18),横梁(25)上安装有表架(26),表架(26)上安装千分表(27),千分表(27)的测头顶在桥梁(15)的梁底面上;

横梁(25)为三个,分别设置在桥梁(15)的桥底面下方的1/4跨位置、跨中位置和3/4跨位置;

试验加载车通过桥梁(15)的桥面,通过千分表(27)获得的数据来得到桥梁(15)的挠度。

## 一种悬挂主缆测量桥梁挠度的方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于道路桥梁领域,涉及桥梁挠度的测量,具体涉及一种悬挂主缆测量桥梁挠度的方法。

### 背景技术

[0002] 桥梁挠度对桥梁结构而言是一个非常重要的数据,它直接反映桥梁结构的竖向整体刚度,判断桥梁的薄弱部位及结构的整体性,在桥梁检定、危桥改造和新桥验收等方面都需要准确测量桥梁的静、动态挠度值。目前,国内外的桥梁挠度测量方法有很多,主要分为两大类,即全人工测量法和自动测量法;其中全人工测量法包括机械式测量法和光学仪器测量法,机械式测量又分百分表测量法和悬垂法,光学仪器测量法包括水准仪测量法和全站仪测量法;自动测量法包括:倾角仪测量法、加速度计法、CCD图像法、PSD激光测量法、GPS法。

[0003] (A) 水准仪法测量法:水准仪测量法原理简单,只需要将加载前后的数值相减即可。该方法测量精度高,结果可靠。缺点是:不能实现动态连续观测,需要良好视野,对大跨径桥梁挠度测需要多次转点,测量费时。

[0004] (B) 全站仪测量法:全站仪挠度测量的基本原理是三角高程测量,全站仪测量法准备工作简单,操作方便。其缺点是不能实现各测点的连续观测,对地形、天气等观测条件要求较高。

[0005] (C) 倾角测量法:该法测量各节点处的倾角,通过积分可得桥梁梁部结构的挠度曲线。现在用倾角仪来测静载下的挠度不成问题,而要用倾角仪进行动态挠度测试,则对各倾角仪之间的相位差、倾角仪的瞬态反应、倾角仪零漂等的要求较高,此法在国内应用很少。

[0006] (D) 加速度计法:尽管高精度加速度计所测量的加速度观测值经过二次积分后能够得到横向和垂向的位移向量,但由于加速度计对桥体低频震荡不敏感,所以通过这种方法得到的位移量是不完整、不连续的。加速度传感器对于低频静态位移鉴别效果差,为获得位移必须对它进行两次积分,精度不高,也无法实时。而大型悬索桥的频率一般都较低。

[0007] (E) CCD图像法:CCD图像法是用CCD光电耦合器件测量桥梁挠度,该法结合了远距离成像技术,是一种远距离非接触式测量方法。但该设备价格昂贵,易受环境条件影响。

[0008] (F) PSD激光测量法:位置敏感传感器(PSD)是利用横向光电效应来实现光点位置探测的光电器件。该法需要安装激光发射装置,费用较高。

[0009] (G) 现有技术中公开了一种中小跨径桥梁挠度测量装置:该方法通过在待测桥梁上方架设刚性导梁,在导梁安装机电百分表,通过机电百分表测量桥梁挠度。该方法的不足:①只能获得两根边梁数据,无法获得数量更多的中梁挠度,不能全面反映桥梁性能。②刚性导梁不便于携带与架设。③由于运输长度有限,此方法无法用于检测大、中型跨度的桥梁挠度。

[0010] 显然,目前没有一种监测手段能够同时满足必需的准确性、实时性、同步性、便捷性、廉价性及自动化等多方面要求。

## 发明内容

[0011] 针对现有技术存在的不足,本发明的目的在于,提供一种悬挂主缆测量桥梁挠度的方法,不仅适用于中小跨径,也适用于大跨径桥梁,解决现有技术中桥梁挠度测量过程中精准性、可靠性和便捷性难以兼顾的问题。

[0012] 为了解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案予以实现:

[0013] 一种悬挂主缆测量桥梁挠度的方法,该方法在桥梁跨度之外的桥梁防撞护栏的上方架设主缆,在主缆上倒挂有多个千分表,每个千分表的测头与桥跨范围内的桥梁防撞护栏接触;

[0014] 主缆上还悬挂有横桥向水平放置在桥梁底面下方的横梁,横梁上安装有多个千分表,每个千分表的测头顶在桥梁的梁底面;

[0015] 横梁上安装的多个千分表所在的平面与主缆上倒挂的多个千分表所在的平面垂直,使得桥梁上的检测点呈网状分布;

[0016] 试验加载车通过桥梁的桥面,通过千分表获得的数据来得到桥梁的挠度,配合数据采集仪自动采集挠度。

[0017] 本发明还具有如下区别技术特征:

[0018] 优选的,所述的横梁为三个,分别设置在桥梁的桥底面下方的1/4跨位置、跨中位置和3/4跨位置。

[0019] 进一步地,所述的主缆上悬挂有多个配重块,每个配重块下焊接有限位板,限位板下安装有一个千分表,其测头与桥梁护栏接触。

[0020] 更进一步地,所述的限位板上设置有限位孔,桥梁防撞护栏上固定安装有限位导杆,限位导杆穿过限位孔,使得配重块与限位板不受水平扰动。

[0021] 优选的,所述的横梁端部开有限位孔,限位导杆穿过横梁上的限位孔,使得横梁不受水平扰动。

[0022] 具体的,该方法具体包括以下步骤:

[0023] 步骤一,在测量桥梁挠度前,将一组膨胀螺栓一和膨胀螺栓二打入桥跨范围之外的防撞墙中预先定好的位置,在膨胀螺栓一上安装滑动轨道,滑动轨道上安装立柱,立柱与滑动轨道通过锁紧螺母锁定,立柱顶端安装定滑轮;

[0024] 步骤二,主缆通过立柱顶端定滑轮转向,边跨的主缆通过钢丝绳拉紧器与膨胀螺栓二连接,主缆用不锈钢卡头锁紧,不锈钢卡头内衬绝缘橡胶垫;通过调整立柱在滑动轨道上的位置,使主缆张紧,并用销钉固定;

[0025] 步骤三,桥梁测点处的主缆上的不锈钢卡头下方悬挂配重块,配重块与不锈钢卡头间用钢丝绳连接,配重块下方焊接有限位板,限位板下安装有表架,表架上固定有千分表,千分表测头朝下与桥梁防撞护栏接触;

[0026] 步骤四,限位板四角开有限位孔,限位导杆穿过限位孔,使得限位板不受水平扰动;

[0027] 步骤五,限位板下还焊接有吊环,用于悬挂桥梁下方的横梁;横梁上焊有吊环,横梁上的吊环与限位板上的吊环通过钢丝绳连接,钢丝绳连接两端吊环时穿过设置在限位导杆上的限位环,以避免钢丝绳与桥梁产生摩擦;

[0028] 横梁端部开有限位孔,限位导杆穿过横梁上的限位孔,使得限位板不受水平扰动;横梁上安装有表架,表架上安装千分表,千分表测头顶在桥梁的梁底面上,使得桥梁上的检测点呈网状分布;

[0029] 横梁为三个,分别设置在桥梁的桥底面下方的1/4跨位置、跨中位置和3/4跨位置;

[0030] 试验加载车通过桥梁的桥面,通过千分表获得的数据来得到桥梁的挠度。

[0031] 本发明与现有技术相比,具有如下技术效果:

[0032] 本发明的桥梁挠度测量方法通过主缆悬挂千分表的方式进行测量,设备体积小,携带与安装便捷,同时不影响正常交通运营;测量精度高(0.001mm),既能用于短期的荷载试验,用能适用于长期的健康监测。

[0033] 梁底横梁上的测点能够遍及所有主梁,与护栏上的测点形成测点网,保证了测量的全面性,使得测量的结果全部反映桥梁性能。

[0034] 限位板和横梁上的限位孔和限位导杆装置,有效避免了横桥向和顺桥向的水平干扰,保证了测量过程中千分表的稳定性,使得测量系统性能稳定,测量结果可靠。这一优点使得本发明能够克服风雨等不利天气影响,特别适合越沟谷及江河的大中型桥梁测试。

[0035] 本发明千分表基准面的支撑平台是主缆,由于缆索携带方便、跨越能力强等特点,使得本方法非常适合大中型桥梁的野外挠度测试,同样适用于小跨径桥梁。

[0036] 本发明的装置结构简单,重量轻,易于操作且测试数据精确,性能稳定可靠,可适用于大中型桥梁垂直挠度测量,克服了不利天气状况及地形条件对桥梁垂直挠度测量的不利限制。

[0037] 综上所述,发明结构设计合理、安装布设及操作简单、挠度测试准确,投入成本低,能有效解决传统挠度测试系统存在的费时耗力、需进行高空作业、系统稳定性差、安装拆除费时、挠度测试数据精度难以保证等问题。

## 附图说明

[0038] 图1是本发明的安装图。

[0039] 图2是本发明的使用状态图。

[0040] 图3是图2的俯视图。

[0041] 图4是图2的A处放大图。

[0042] 图5是图2的B处放大图。

[0043] 图6是图2的C处放大图。

[0044] 图7是图2的C处主视图放大图。

[0045] 图8为跨中截面挠度测点图。

[0046] 图中各个标号的含义为:1-地基,(2-1)-膨胀螺栓一,(2-2)-膨胀螺栓二,3-锁紧螺母,4-防撞墙,5-滑动轨道,6-立柱,7-定滑轮,8-主缆,9-桩基,10-桥台,11-伸缩缝,12-钢丝绳,13-配重块,14-桥梁防撞护栏,15-桥梁,16-绝缘橡胶垫,17-不锈钢卡头,18-限位孔,19-钢丝绳拉紧器,20-限位板,21-吊环,22-限位导杆,23-限位环,24-限位杆夹板,25-横梁,26-表架,27-千分表。

[0047] 以下结合附图对本发明的具体内容作进一步详细解释说明。

## 具体实施方式

[0048] 以下给出本发明的具体实施例,需要说明的是本发明并不局限于以下具体实施例,凡在本申请技术方案基础上做的等同变换均落入本发明的保护范围。

[0049] 实施例:

[0050] 本实施例给出一种悬挂主缆测量桥梁挠度的方法,如图1至图7所示,黑色墩子大桥位于陕西省榆林市,5孔20米,上部预应力钢筋混凝土工字梁,下部钢筋混凝土桥墩。桥面宽度:净-7.0+2×1.0m(人行道及护栏)。主缆8采用7\*7=49股钢丝捻制而成直径为4mm的钢丝绳。该方法具体包括以下步骤:

[0051] 步骤一,在测量桥梁挠度前,将一组带圈式M8型号的膨胀螺栓一2-1和膨胀螺栓二2-2打入伸缩缝外侧的防撞墙4中预先定好的位置,在膨胀螺栓一2-1上安装滑动轨道5,滑动轨道5上安装立柱6,立柱6与滑动轨道5通过锁紧螺母3锁定,立柱6顶端安装6000U8\*45\*13型定滑轮7;

[0052] 步骤二,主缆8通过立柱6顶端定滑轮7转向,边跨的主缆8通过不锈钢M8型螺丝链条钢丝绳拉紧器19与膨胀螺栓二2-2连接,主缆8用8mm规格的不锈钢卡头17锁紧,不锈钢卡头17内衬3mm绝缘橡胶垫16;

[0053] 步骤三,中跨测点处的主缆8上的不锈钢卡头17下方悬挂10kg的配重块13,配重块13与不锈钢卡头17间用钢丝绳12连接,配重块13下方焊接有限位板20,限位板20下安装有表架26,表架26上安装有千分表27,千分表27测头与桥梁防撞护栏14接触;

[0054] 步骤四,限位板20四角开有限位孔18,限位导杆22穿过限位孔18,限位导杆22通过限位杆夹板24固定于桥梁防撞护栏14上;

[0055] 步骤五,限位板20下还焊接有吊环21,桥梁15下方悬挂横梁25,横梁25上焊有吊环21,横梁25上的吊环21与限位板20上的吊环21通过钢丝绳12连接,钢丝绳12穿过设置在限位导杆22上的限位环23,以避免钢丝与桥梁产生摩擦;

[0056] 横梁25端部开有限位孔18,限位导杆22穿过横梁25上的限位孔18,横梁25上安装有表架26,表架26上安装千分表27,千分表27的测头顶在桥梁15的梁底面上,使得桥梁15上的检测点呈网状分布;

[0057] 横梁25为三个,分别设置在桥梁15的桥底面下方的1/4跨位置、跨中位置和3/4跨位置;

[0058] 加载车通过桥梁15的桥面,通过千分表27获得的数据来得到桥梁15的挠度。

[0059] 桥梁上部结构采用3\*20m后张法预应力空心板结构,下部结构采用柱式墩台,钻孔灌注桩基础,为跨沟谷而建。设计荷载为公路-II级。为了判断结构的实际承载能力是否满足设计荷载的要求,进行荷载试验检测,本次试验选择本桥边跨跨中截面和四分之一截面的应变与挠度的检测。

[0060] 静载试验荷载工况的确定应反映桥梁结构最不利受力状态(具体加载工况见表1),加载车辆使用两辆总重300kN的罐车(具体技术参数见表2),使用本发明提出的方法,可同时测量全桥各片梁多个测点的挠度。本次测试只测量跨中截面的挠度。控制截面设计荷载效应以及等效荷载效应值的对比见表3。挠度测量采用精度很高的千分表,测点布置如图8所示。挠度数据具体见以下表,挠度变化向下为正,具体结果见表4至表7。

[0061] 从上述测量结果可以看出,本发明提出的测量方法,测量精度高,可达到0.001mm,且顶部防撞护栏的测量结果与桥梁底部的测量结果吻合较好,测量结果稳定,实用性强。

[0062] 表1加载工况表

[0063]

工况序号	工况内容	挠度测点
1	连心桥边跨1/4断面中载	边跨跨中断面底部及顶部防撞墙
2	连心桥边跨1/4断面偏载	边跨跨中断面底部及顶部防撞墙
3	连心桥边跨跨中断面中载	边跨跨中断面底部及顶部防撞墙
4	连心桥边跨跨中断面偏载	边跨跨中断面底部及顶部防撞墙

[0064] 表2加载车辆技术参数和载重

车型	轴距		后轮距 (cm)	前轴重 (kN)	中后轴 重 (kN)	总重 (kN)
	中后轴距 (cm)	前中轴距 (cm)				
重车	140	400	180	60	120	300

[0066] 表3实验效率系数

[0067]

工况说明	控制效应 (kN*m)	加载效应 (kN*m)	加载效率系数
工况一	866	872	1.01
工况二	1203	1189	0.99
工况三	996	1027	1.03
工况四	1250	1248	0.998

[0068] 表4工况一挠度数据分析表

工况说明	测点位置	测点编号	实测值 (mm)	理论值 (mm)	校验系数
加载 50%	桥梁 底部	1	0.952	1.261	0.75
		2	0.673	1.425	0.47
		3	0.557	1.476	0.38
		4	0.621	1.514	0.41
		5	0.912	1.515	0.60
		6	0.553	1.477	0.37
		7	0.624	1.425	0.44
	防撞护栏 顶部	8	0.914	1.253	0.73
		9	0.625	1.389	0.45
加载 100%	桥梁 底部	1	1.966	2.523	0.78
		2	1.398	2.847	0.49
		3	1.027	2.951	0.35
		4	1.181	3.029	0.39
		5	1.934	3.023	0.64
		6	1.152	2.954	0.39
		7	1.798	2.846	0.63
	防撞护栏 顶部	8	1.849	2.433	0.76
		9	1.708	2.801	0.61



[0070] 表5工况二挠度数据分析表

工况说明	测点位置	测点编号	实测值 (mm)	理论值 (mm)	校验系数
[0071] 加载 50%	桥梁 底部	1	1.654	2.225	0.74
		2	0.873	1.898	0.46
		3	0.627	1.821	0.34
		4	0.672	1.683	0.40
		5	0.989	1.672	0.59
		6	0.554	1.587	0.35
		7	0.476	1.489	0.32
	防撞护栏 顶部	8	1.530	2.126	0.72
		9	0.492	1.369	0.36
加载 100%	桥梁 底部	1	2.013	4.443	0.45
		2	1.938	3.782	0.51
		3	1.086	3.646	0.30
		4	1.414	3.367	0.42
		5	2.077	3.331	0.62
		6	1.203	3.155	0.38
		7	1.003	2.952	0.34
	防撞护栏 顶部	8	2.032	4.325	0.47
		9	0.991	2.833	0.35

[0072] 表6工况三挠度数据分析表

工况说明	测点位置	测点编号	实测值 (mm)	理论值 (mm)	校验系数
[0073] 加载 50%	桥梁 底部	1	1.593	2.314	0.69
		2	0.625	2.607	0.24
		3	0.827	2.701	0.31
		4	0.922	2.767	0.33
		5	2.043	2.767	0.74
		6	1.144	2.701	0.42
		7	1.038	2.607	0.40
	防撞护栏 顶部	8	1.425	2.263	0.63
		9	1.047	2.554	0.41
加载 100%	桥梁 底部	1	3.375	4.623	0.73
		2	2.502	5.214	0.48
		3	2.033	5.401	0.38
		4	2.324	5.533	0.42
		5	3.384	5.533	0.61
		6	2.326	5.401	0.43
		7	2.144	5.214	0.41
	防撞护栏 顶部	8	3.368	4.552	0.74
		9	2.357	5.124	0.46

[0074] 表7工况四挠度数据分析表

[0075]

工况说明	测点位置	测点编号	实测值 (mm)	理论值 (mm)	校验系数
加载 50%	桥梁 底部	1	2.251	3.173	0.71
		2	1.116	2.706	0.41
		3	0.963	2.612	0.37
		4	1.036	2.426	0.43
		5	1.523	2.381	0.64
		6	0.954	2.254	0.42
		7	0.931	2.116	0.44
	防撞护栏 顶部	8	1.988	3.013	0.66
		9	0.842	2.007	0.42
加载 100%	桥梁 底部	1	4.994	6.657	0.75
		2	2.976	5.677	0.52
		3	2.136	5.463	0.39
		4	2.228	5.042	0.44
		5	3.153	4.998	0.63
		6	1.891	4.725	0.40
		7	1.927	4.431	0.43
	防撞护栏 顶部	8	4.710	6.542	0.72
		9	1.926	4.378	0.44

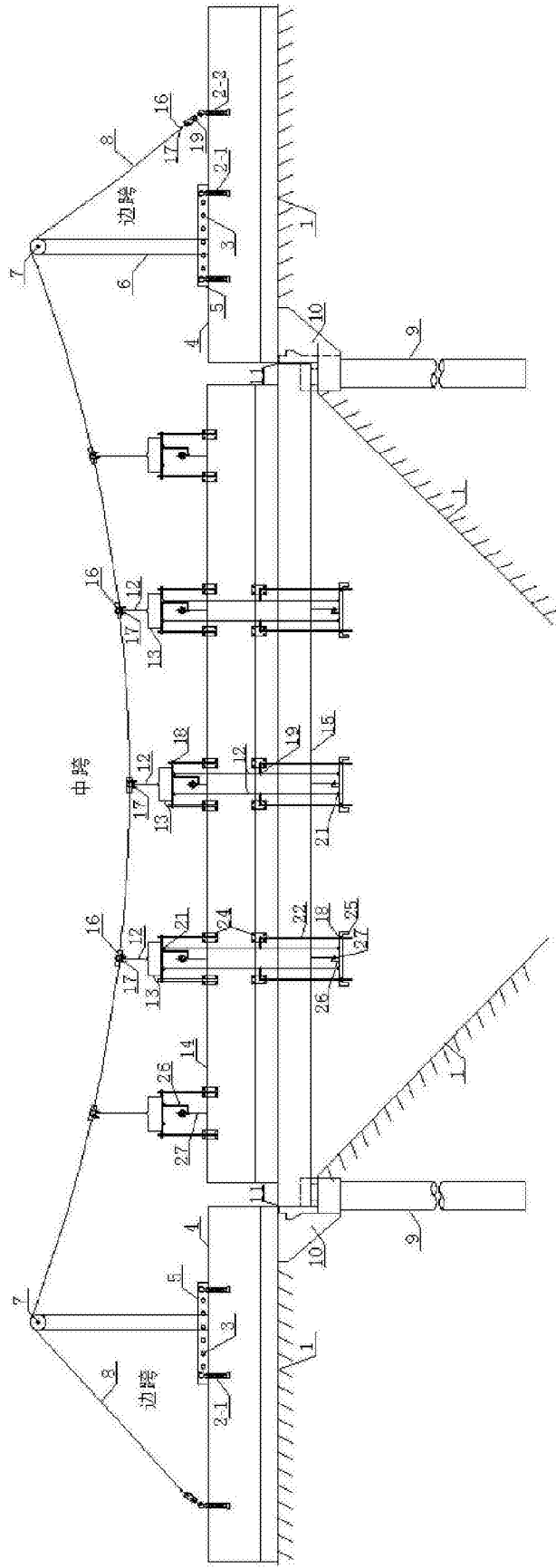


图1

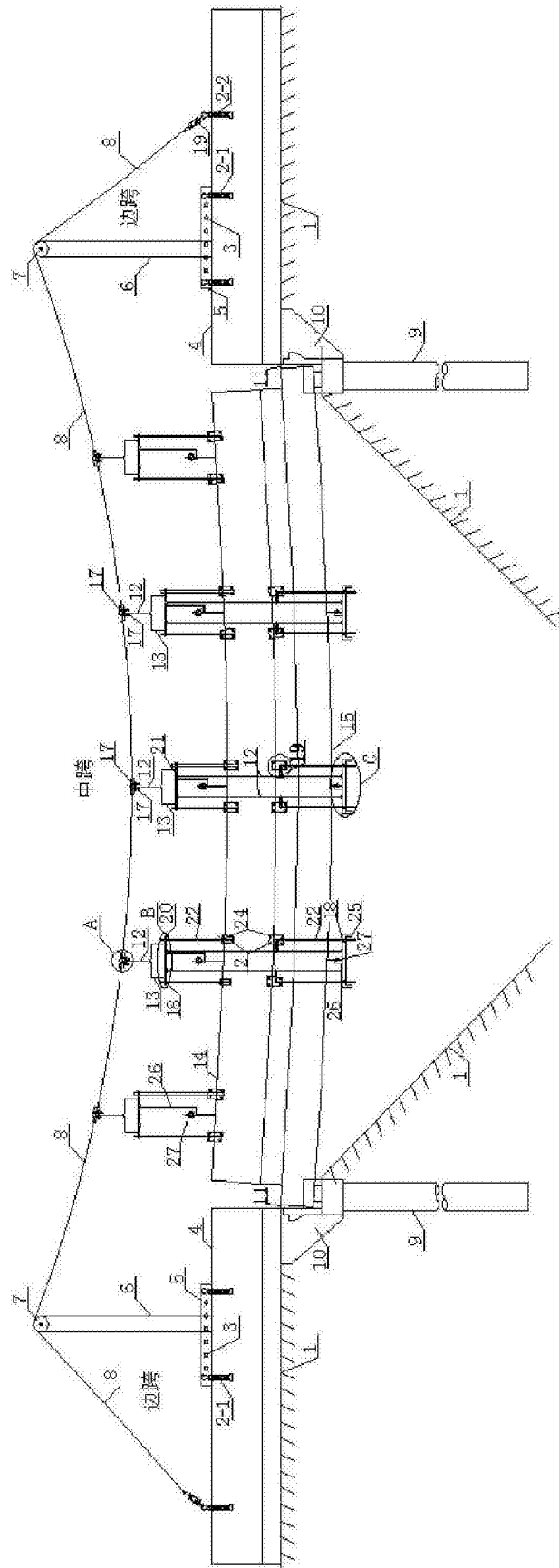


图2

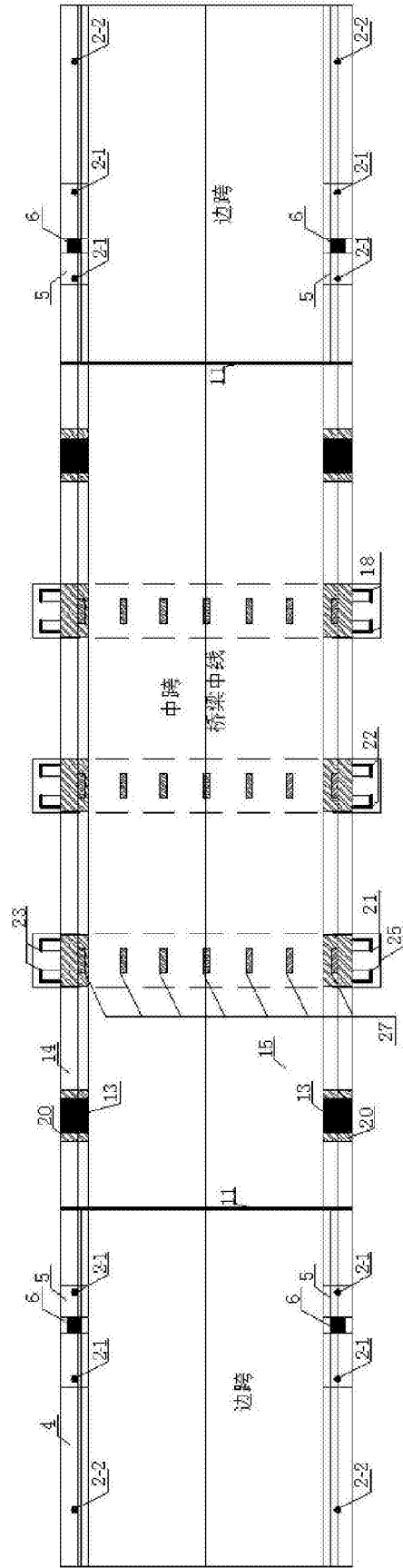


图3

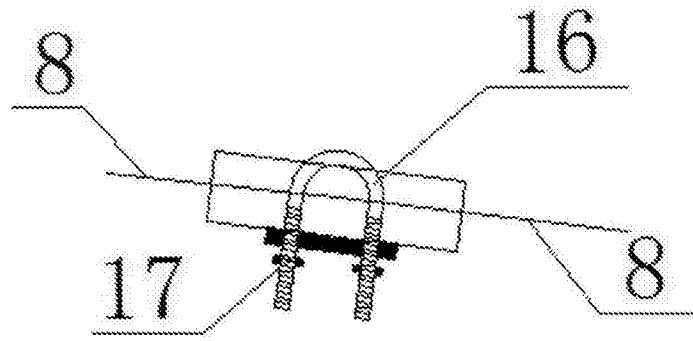


图4

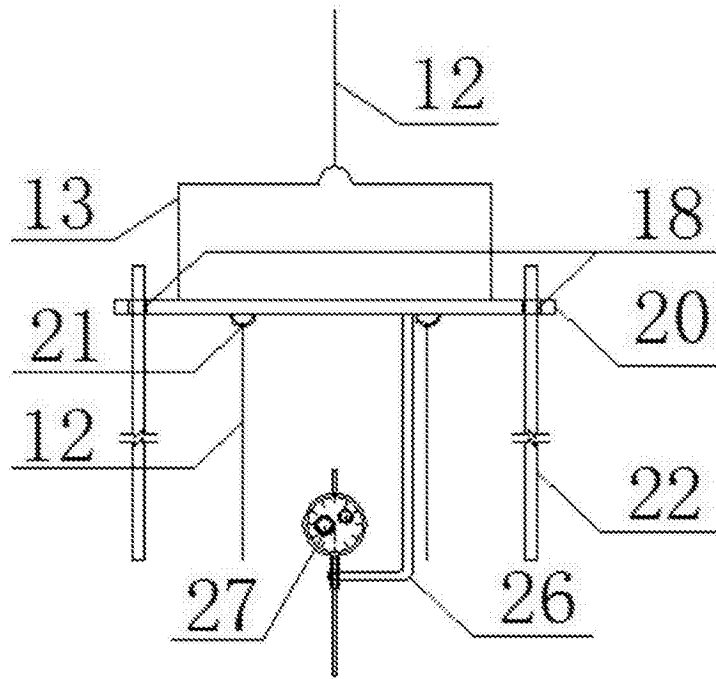


图5

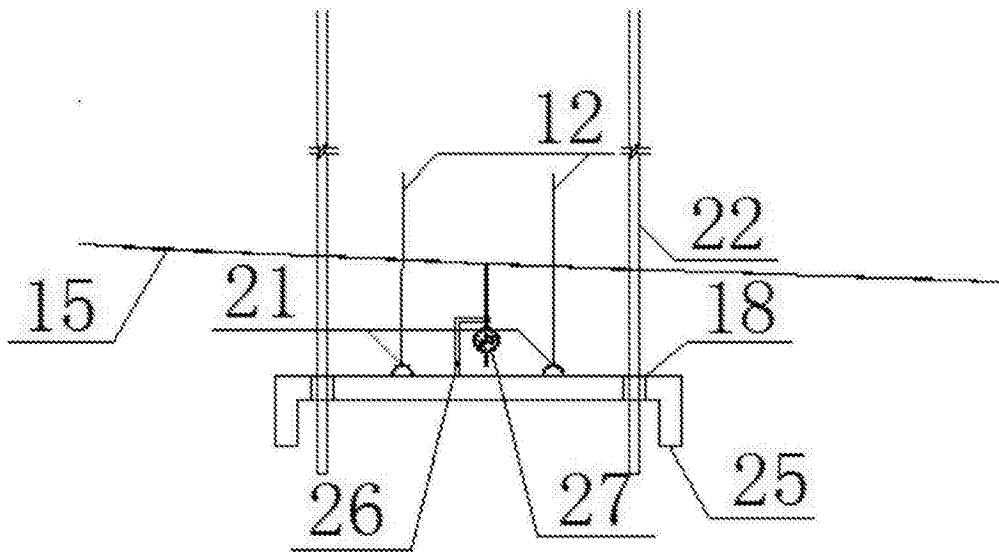


图6

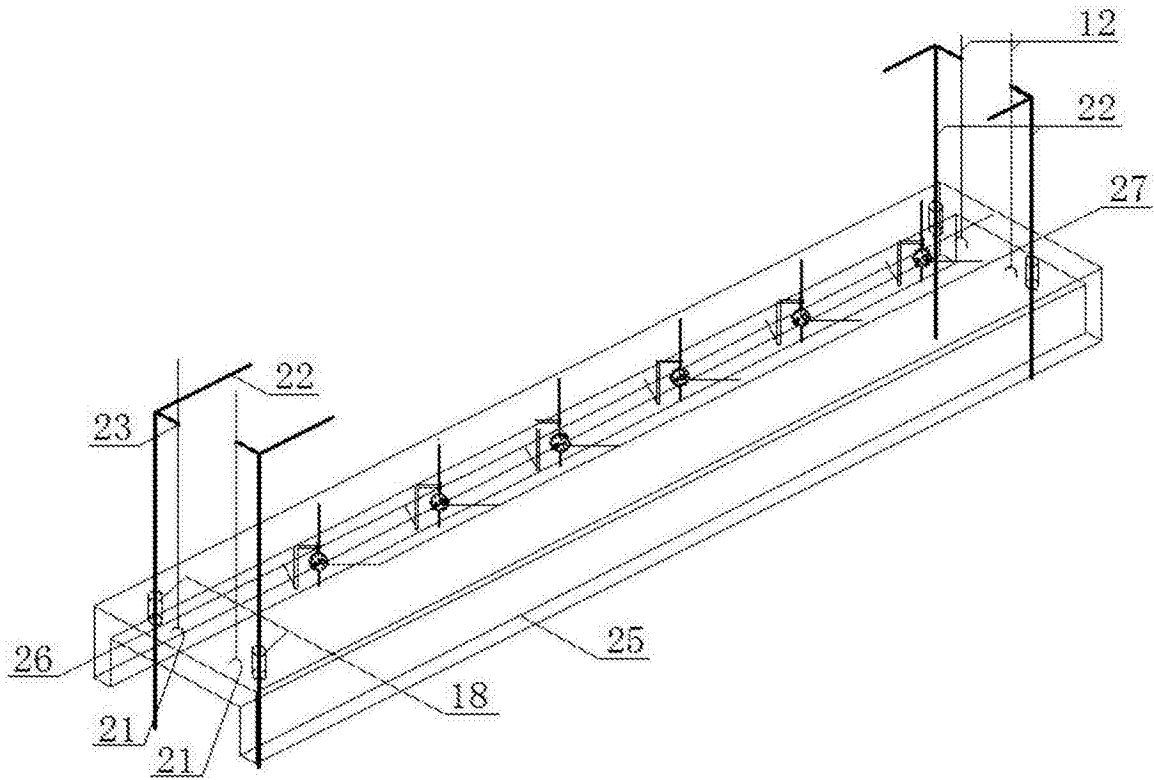


图7

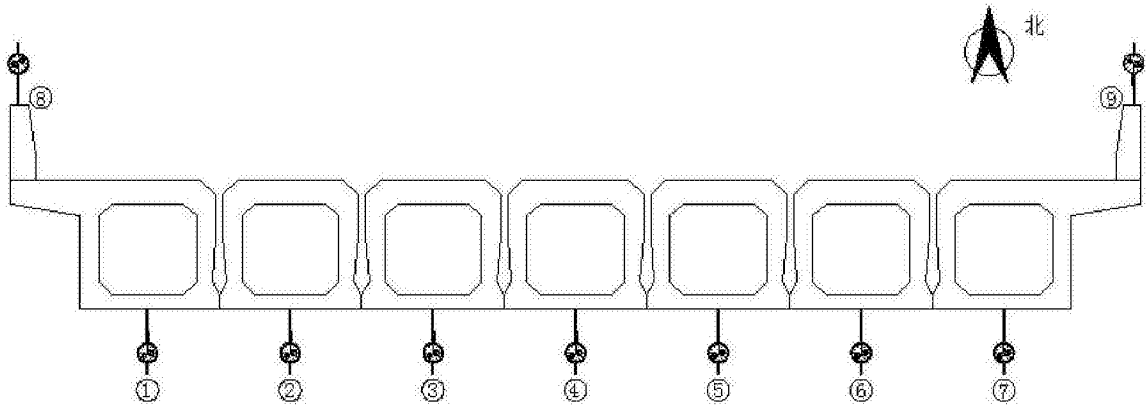


图8