



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104132630 A

(43) 申请公布日 2014. 11. 05

(21) 申请号 201410400606. 4

(22) 申请日 2014. 08. 14

(71) 申请人 西安公路研究院

地址 710065 陕西省西安市高新区高新六路
60 号

(72) 发明人 袁卓亚 石雄伟 柯亮亮 赵建勋
冯威 田黎明 许冰 杜进生
雷丹 苗建宝

(74) 专利代理机构 西安创知专利事务所 61213
代理人 景丽娜

(51) Int. Cl.

G01B 13/24 (2006. 01)

G01C 5/04 (2006. 01)

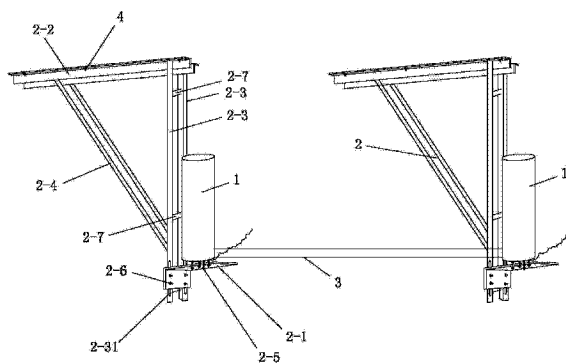
权利要求书4页 说明书10页 附图5页

(54) 发明名称

一种大跨度桥梁用长期挠度监测系统及监测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种大跨度桥梁用长期挠度监测系统,该监测系统包括多个静力水准仪,多个静力水准仪均通过安装架安装在所监测桥梁梁体上,所监测桥梁的梁体为箱梁,安装架安装在箱梁顶板底部;安装架包括三角形支撑架和安装在三角形支撑架上且安装高度可调的支撑板,三角形支撑架横桥向布设且静力水准仪安装在支撑板上,该监测系统安装布设简便、受外侧环境影响小且监测精度高,使用效果好;本发明所公开监测方法包括步骤:一、测点确定及基准点选择;二、安装架安装;三、静力水准仪安装;四、长期挠度监测,过程如下:初始液位高度获取、挠度监测时间点确定和挠度监测,该监测方法步骤简单、实现方便、使用效果好且能对桥梁挠度长期、有效监测。



1. 一种大跨度桥梁用长期挠度监测系统,其特征在于:包括多个静力水准仪(1),多个所述静力水准仪(1)均通过安装架(2)安装在所监测桥梁的梁体上,所监测桥梁的梁体为箱梁;所述安装架(2)的数量为多个且其数量与静力水准仪(1)的数量相同,多个所述安装架(2)沿所监测桥梁的纵桥向由前至后布设,多个所述安装架(2)均固定安装在所述箱梁的顶板底部;多个所述静力水准仪(1)均与数据采集系统相接,且多个所述静力水准仪(1)和所述数据采集系统组成静力水准监测系统;多个所述安装架(2)的结构均相同,所述安装架(2)包括三角形支撑架和安装在所述三角形支撑架上且安装高度可调的支撑板(2-1),所述三角形支撑架沿所监测桥梁的横桥向布设,所述静力水准仪(1)安装在支撑板(2-1)上;所述三角形支撑架包括第一支撑杆(2-2)、固定在第一支撑杆(2-2)一端下方的第二支撑杆(2-3)和连接于第一支撑杆(2-2)另一端与第二支撑杆(2-3)下端之间的斜支撑杆(2-4),所述第一支撑杆(2-2)、第二支撑杆(2-3)和斜支撑杆(2-4)均布设在同一平面上,所述第一支撑杆(2-2)平贴在所述箱梁的顶板底部,所述第二支撑杆(2-3)与第一支撑杆(2-2)呈垂直布设,所述支撑板(2-1)与第一支撑杆(2-2)呈平行布设;所述第一支撑杆(2-2)通过多个膨胀螺栓(4)固定在所述箱梁的顶板上。

2. 按照权利要求1所述的一种大跨度桥梁用长期挠度监测系统,其特征在于:多个所述静力水准仪(1)的贮液容器之间通过连通管(3)相互连通,多个所述静力水准仪(1)的安装高度均相同。

3. 按照权利要求1或2所述的一种大跨度桥梁用长期挠度监测系统,其特征在于:所述第一支撑杆(2-2)、第二支撑杆(2-3)和斜支撑杆(2-4)均为型钢;所述第一支撑杆(2-2)上开有多个分别供膨胀螺栓(4)安装的螺栓安装孔,所述第一支撑杆(2-2)的一端与第二支撑杆(2-3)的上端固定连接,所述斜支撑杆(2-4)的两端分别与第一支撑杆(2-2)的另一端与第二支撑杆(2-3)的下端固定连接;所述斜支撑杆(2-4)位于第二支撑杆(2-3)的一侧,所述支撑板(2-1)位于斜支撑杆(2-4)的另一侧且其安装在斜支撑杆(2-4)下部,所述支撑板(2-1)沿所监测桥梁的横桥向布设;所述第一支撑杆(2-2)与第二支撑杆(2-3)之间以及所述斜支撑杆(2-4)与第一支撑杆(2-2)和第二支撑杆(2-3)之间均以焊接方式固定连接。

4. 按照权利要求3所述的一种大跨度桥梁用长期挠度监测系统,其特征在于:所述安装架(2)中所述三角形支撑架的数量为多个,多个所述三角形支撑架的结构和尺寸均相同且其沿所监测桥梁的纵桥向由前至后布设,多个所述三角形支撑架呈平行布设,前后相邻两个所述三角形支撑架之间均通过多个连接件进行连接;所述安装架(2)中支撑板(2-1)的数量为一个,所述支撑板(2-1)安装在多个所述三角形支撑架的第二支撑杆(2-3)上,多个所述三角形支撑架的第二支撑杆(2-3)均布设在同一平面上,且多个所述三角形支撑架的第二支撑杆(2-3)上均开有供支撑板(2-1)安装的安装孔;多个所述连接件连接于前后相邻两个所述三角形支撑架的第二支撑杆(2-3)之间,且多个所述连接件由上至下布设。

5. 按照权利要求3所述的一种大跨度桥梁用长期挠度监测系统,其特征在于:所述第一支撑杆(2-2)沿所监测桥梁的横桥向布设,所述第一支撑杆(2-2)和第二支撑杆(2-3)均为角钢,所述第一支撑杆(2-2)的两边分别为第一直角边和第二直角边,第二支撑杆(2-3)的两边分别为第三直角边和第四直角边;所述第一直角边平贴在所述箱梁的顶板底部,所述第三直角边上部平贴在所述第二直角边的内壁上且所述第三直角边上部与所述第

二直角边的内壁固定连接,所述第二支撑杆(2-3)的顶端固定在所述第一直角边的底面上。

6. 按照权利要求3所述的一种大跨度桥梁用长期挠度监测系统,其特征在于:所述支撑板(2-1)的横截面为L形,所述支撑板(2-1)包括安装在第二支撑杆(2-3)上的第一安装板和布设在所述第一安装板上部外侧且供的静力水准仪(1)安装的第二安装板;所述第一安装板与第二安装板连接为一体且二者呈垂直布设,所述静力水准仪(1)通过多个第一连接螺栓(2-5)安装在所述第二安装板上;所述第一安装板通过多个第二连接螺栓(2-6)安装在第二支撑杆(2-3)上,所述第二支撑杆(2-3)上开有一个供第二连接螺栓(2-6)安装的长条形安装孔(2-31),所述第一安装板上开有供第二连接螺栓(2-6)安装的圆形安装孔。

7. 一种利用如权利要求1所述监测系统对桥梁进行长期挠度监测的方法,其特征在于该方法包括以下步骤:

步骤一、测点确定及基准点选择:对所监测桥梁的梁体上需进行挠度监测的多个测点进行确定,并从所确定的多个测点中选取一个测点作为基准点;所监测桥梁的梁体为箱梁;多个所述测点的数量为 N 个, N 个所述测点分别为测点1、测点2、 $\cdots$ 、测点 N ,其中 N 为正整数且 $N \geq 2$ 个;所述基准点为测点 i ,其中 i 为正整数且 $1 \leq i \leq N$;

步骤二、安装架安装:在步骤一中所确定的 N 个测点上分别安装一个安装架(2), N 个所述安装架(2)均固定安装在所述箱梁的顶板底部;

步骤三、静力水准仪安装:在步骤二中已安装完成的 N 个所述安装架(2)的支撑板(2-1)上分别安装一个静力水准仪(1),并通过连通管(3)将所安装的 N 个静力水准仪(1)的贮液容器相互连通, N 个所述静力水准仪(1)均与所述数据采集系统相接; N 个所述静力水准仪(1)分别通过一个安装架(2)安装在 N 个所述测点上;

步骤四、长期挠度监测,过程如下:

步骤401、初始液位高度获取:步骤三中 N 个所述静力水准仪(1)均安装完成后,通过所述数据采集系统对 N 个所述静力水准仪(1)测试出的初始液位高度进行采集并记录; N 个所述静力水准仪(1)测试出的初始液位高度分别记作 h_{01} 、 h_{02} 、 $\cdots$ 、 h_{0N} ;

步骤402、挠度监测时间点确定:步骤401中初始液位高度获取后,按照预先设计的挠度监测周期或挠度监测频率,并结合所监测桥梁挠度监测期的期限,对所述挠度监测期内所监测桥梁的所有挠度监测时间点进行确定;所述挠度监测期内所监测桥梁的挠度监测时间点总数量为 n 个, n 个所述挠度监测时间点分别记作 t_1 、 t_2 、 $\cdots$ 、 t_n ;其中, n 为正整数且 $n \geq 3$;

步骤403、挠度监测:所监测桥梁使用过程中,按照步骤402中所确定的挠度监测时间点,由先至后对所监测桥梁在各挠度监测时间点的挠度数据进行测试,并对测试得出的挠度数据进行同步记录;其中,所述挠度监测期内所监测桥梁在各挠度监测时间点的挠度数据测试方法均相同;对任一个挠度监测时间点 t_k 的挠度数据进行测试时,过程如下:

步骤4031、当前液位高度获取:通过所述数据采集系统,对当前状态下多个所述静力水准仪(1)测试出的液位高度进行采集并记录,此时 N 个所述静力水准仪(1)测试出的液位高度分别记作 h_{k1} 、 h_{k2} 、 $\cdots$ 、 h_{kN} ;其中, k 为正整数且 $k = 1, 2, \cdots, n$;

步骤4032、各测点的相对垂直位移确定:根据步骤4031中所记录的多个所述静力水准

仪 (1) 测试出的液位高度,并结合步骤 401 中所记录的 N 个所述静力水准仪 (1) 测试出的初始液位高度,对当前状态下 N 个测点相对基准点的垂直位移量进行确定;

N 个测点相对基准点的垂直位移量确定方法均相同,对 N 个测点中任一个测点 j 相对基准点的垂直位移量进行确定时,根据公式 $h_{ji(k)} = (h_{kj} - h_{ki}) - (h_{0j} - h_{0i})$, 计算得出当前状态下测点 j 相对基准点的垂直位移量 $h_{ji(k)}$; 当前状态下 N 个测点相对基准点的垂直位移量分别记作 $h_{1i(k)}$ 、 $h_{2i(k)}$ 、 $\cdots$ 、 $h_{Ni(k)}$;

步骤 4033、挠度数据记录:对步骤 4032 中所确定的当前状态下 N 个测点相对基准点的垂直位移量进行记录,且当前状态下 N 个测点相对基准点的垂直位移量为所监测桥梁在挠度监测时间点 t_k 的挠度数据。

8. 按照权利要求 7 所述的方法,其特征在于:步骤一中对所监测桥梁的梁体上需进行挠度监测的多个测点进行确定后,还需对所确定的 N 个测点的位置进行测量,并对测量结果进行记录;N 个所述测点沿所述箱梁的中心轴线由前至后布设;

步骤 4032 中当前状态下 N 个测点相对基准点的垂直位移量为当前状态下 N 个测点相对基准点的沉降量,且各测点相对基准点的垂直位移量均为竖直方向上的位移量;

步骤 4032 中对当前状态下 N 个测点相对基准点的垂直位移量进行确定后,还需根据测量出的 N 个测点的布设位置,计算得出当前状态下 N 个测点相对基准点的倾斜变化量;对当前状态下 N 个测点相对基准点的倾斜变化量进行计算之前,先根据 N 个测点的位置测量结果,对 N 个测点与基准点之间的水平距离分别进行计算,其中测点 j 与基准点之间的水平距离记作 l_{ji} ;

N 个测点相对基准点的倾斜变化量计算方法均相同,对 N 个测点中任一个测点 j 相对基准点的倾斜变化量进行计算时,根据公式 $\alpha_{ji(k)} = \arctan \frac{h_{ji(k)}}{l_{ji}}$, 计算得出当前状态下测点 j 相对基准点的倾斜变化量 $\alpha_{ji(k)}$; 当前状态下 N 个测点相对基准点的倾斜变化量分别记作 $\alpha_{1i(k)}$ 、 $\alpha_{2i(k)}$ 、 $\cdots$ 、 $\alpha_{Ni(k)}$ 。

9. 按照权利要求 7 或 8 所述的方法,其特征在于:步骤三中进行静力水准仪安装时,安装在所述基准点上的静力水准仪 (1) 的贮液容器通过连接管与安装高度固定的液体存储容器相接,所述液体存储容器内安装有液位检测单元;

步骤 401 中进行初始液位高度获取时,还需对此时所述液位检测单元所检测的初始液位高度进行记录,所述液位检测单元所检测的初始液位高度记作 H_0 ;

步骤 4032 中对当前状态下 N 个测点相对基准点的垂直位移量进行确定后,根据所记录的所述液位检测单元所检测的初始液位高度 H_0 和当前状态下所述液位检测单元所检测的液位高度 H_k ,对当前状态下 N 个测点的垂直位移量进行确定;

N 个测点的垂直位移量确定方法均相同,对 N 个测点中任一个测点 j 的垂直位移量进行确定时,根据公式 $H_{j(k)} = h_{ji(k)} + (H_k - H_0)$, 计算得出当前状态下测点 j 的垂直位移量 $H_{j(k)}$; 当前状态下 N 个测点的垂直位移量分别记作 $H_{1(k)}$ 、 $H_{2(k)}$ 、 $\cdots$ 、 $H_{N(k)}$ 。

10. 按照权利要求 7 或 8 所述的方法,其特征在于:步骤三中进行静力水准仪安装时,通过上下调整安装架 (2) 上的支撑板 (2-1),对所安装静力水准仪 (1) 的安装高度进行调整;

步骤三中静力水准仪安装完成后,N 个所述静力水准仪 (1) 的安装高度均相同;

步骤 401 中进行初始液位高度获取和步骤 4031 中进行当前液位高度获取时,均在步骤三中所安装 N 个静力水准仪 (1) 的贮液容器内液面稳定后,通过所述数据采集系统进行采集并记录;

步骤 401 中进行初始液位高度获取时,待步骤三中 N 个所述静力水准仪 (1) 均安装完成且 N 个静力水准仪 (1) 的贮液容器内液面均稳定后,先对 N 个静力水准仪 (1) 的贮液容器内所装液位传感器进行调零;步骤 401 中 N 个所述静力水准仪 (1) 测试出的初始液位高度均为零。

一种大跨度桥梁用长期挠度监测系统及监测方法

技术领域

[0001] 本发明属于桥梁挠度监测技术领域,尤其是涉及一种大跨度桥梁用长期挠度监测系统及监测方法。

背景技术

[0002] 对复杂结构桥梁进行长期监测、桥梁特殊检查等过程中,均需要对桥梁的挠度进行长期的固定周期监测,有些情况下甚至需要进行实时监测,并且挠度监测精度要求较高,一般常用水准仪或精度较高的全站仪进行挠度测量,部分桥梁监测采用静力水准系统对挠度进行进行监测。其中,用水准仪或全站仪进行测量时,由于受气候、温度、行驶车辆、安全因素等多方面的影响,致使测量的精度和频率大打折扣,桥梁挠度的实时监测则更加困难。而现行常见的静力水准测量过程如下:在梁底或梁侧腹板内壁凿孔植筋,将静力水准仪安装固定在腹板上,以此来测量箱梁腹板的变形,进而估算相邻顶板的挠度值以此来测量梁体的变形。实际使用过程中,上述现有的静力水准测量方法存在以下严重的缺陷与不足:一方面,监测装置布设在梁侧或梁底,受自然环境影响大,维护成本高,且需在腹板上凿孔,会对箱梁结构产生不必要的破坏;另一方面,对于连续刚构桥等梁底纵坡较大的桥梁而言,难以布设在与梁体变形位置高度相当的位置,只能根据腹板或底板的测量值,粗略计算出不同箱室内顶板的挠度,并且不能反映跨中、四分点等关键截面上横桥向不同位置处的精确挠度。综上,现有的挠度监测系统及监测方法不易实现对桥面挠度进行精确、快捷、安全、方便及实时监测。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术中的不足,提供一种安装布设简便、受外侧环境影响较小且监测精度较高、使用效果好的大跨度桥梁用长期挠度监测系统。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种大跨度桥梁用长期挠度监测系统,其特征在于:包括多个静力水准仪,多个所述静力水准仪均通过安装架安装在所监测桥梁的梁体上,所监测桥梁的梁体为箱梁;所述安装架的数量为多个且其数量与静力水准仪的数量相同,多个所述安装架沿所监测桥梁的纵桥向由前至后布设,多个所述安装架均固定安装在所述箱梁的顶板底部;多个所述静力水准仪均与数据采集系统相接,且多个所述静力水准仪和所述数据采集系统组成静力水准监测系统;多个所述安装架的结构均相同,所述安装架包括三角形支撑架和安装在所述三角形支撑架上且安装高度可调的支撑板,所述三角形支撑架沿所监测桥梁的横桥向布设,所述静力水准仪安装在支撑板上;所述三角形支撑架包括第一支撑杆、固定在第一支撑杆一端下方的第二支撑杆和连接于第一支撑杆另一端与第二支撑杆下端之间的斜支撑杆,所述第一支撑杆、第二支撑杆和斜支撑杆均布设在同一平面上,所述第一支撑杆平贴在所述箱梁的顶板底部,所述第二支撑杆与第一支撑杆呈垂直布设,所述支撑板与第一支撑杆呈平行布设;所述第一支撑杆通过多个膨

胀螺栓固定在所述箱梁的顶板上。

[0005] 上述一种大跨度桥梁用长期挠度监测系统,其特征是:多个所述静力水准仪的贮液容器之间通过连通管相互连通,多个所述静力水准仪的安装高度均相同。

[0006] 上述一种大跨度桥梁用长期挠度监测系统,其特征是:所述第一支撑杆、第二支撑杆和斜支撑杆均为型钢;所述第一支撑杆上开有多个分别供膨胀螺栓安装的螺栓安装孔,所述第一支撑杆的一端与第二支撑杆的上端固定连接,所述斜支撑杆的两端分别与第一支撑杆的另一端与第二支撑杆的下端固定连接;所述斜支撑杆位于第二支撑杆的一侧,所述支撑板位于斜支撑杆的另一侧且其安装在斜支撑杆下部,所述支撑板沿所监测桥梁的横桥向布置;所述第一支撑杆与第二支撑杆之间以及所述斜支撑杆与第一支撑杆和第二支撑杆之间均以焊接方式固定连接。

[0007] 上述一种大跨度桥梁用长期挠度监测系统,其特征是:所述安装架中所述三角形支撑架的数量为多个,多个所述三角形支撑架的结构和尺寸均相同且其沿所监测桥梁的纵桥向由前至后布置,多个所述三角形支撑架呈平行布置,前后相邻两个所述三角形支撑架之间均通过多个连接件进行连接;所述安装架中支撑板的数量为一个,所述支撑板安装在多个所述三角形支撑架的第二支撑杆上,多个所述三角形支撑架的第二支撑杆均布设在同一平面上,且多个所述三角形支撑架的第二支撑杆上均开有供支撑板安装的安装孔;多个所述连接件连接于前后相邻两个所述三角形支撑架的第二支撑杆之间,且多个所述连接件由上至下布置。

[0008] 上述一种大跨度桥梁用长期挠度监测系统,其特征是:所述第一支撑杆沿所监测桥梁的横桥向布置,所述第一支撑杆和第二支撑杆均为角钢,所述第一支撑杆的两边分别为第一直角边和第二直角边,第二支撑杆的两边分别为第三直角边和第四直角边;所述第一直角边平贴在所述箱梁的顶板底部,所述第三直角边上部平贴在所述第二直角边的内壁上且所述第三直角边上部与所述第二直角边的内壁固定连接,所述第二支撑杆的顶端固定在所述第一直角边的底面上。

[0009] 上述一种大跨度桥梁用长期挠度监测系统,其特征是:所述支撑板的横截面为 L 形,所述支撑板包括安装在第二支撑杆上的第一安装板和布设在所述第一安装板上部外侧且供的静力水准仪安装的第二安装板;所述第一安装板与第二安装板连接为一体且二者呈垂直布置,所述静力水准仪通过多个第一连接螺栓安装在所述第二安装板上;所述第一安装板通过多个第二连接螺栓安装在第二支撑杆上,所述第二支撑杆上开有一个供第二连接螺栓安装的长条形安装孔,所述第一安装板上开有供第二连接螺栓安装的圆形安装孔。

[0010] 同时,本发明还公开了一种方法步骤简单、实现方便、使用效果好且能对桥梁挠度进行长期、有效监测的大跨度桥梁用长期挠度监测方法,其特征在于该方法包括以下步骤:

[0011] 步骤一、测点确定及基准点选择:对所监测桥梁的梁体上需进行挠度监测的多个测点进行确定,并从所确定的多个测点中选取一个测点作为基准点;所监测桥梁的梁体为箱梁;多个所述测点的数量为 N 个, N 个所述测点分别为测点 1、测点 2、...、测点 N ,其中 N 为正整数且 $N \geq 2$ 个;所述基准点为测点 i ,其中 i 为正整数且 $1 \leq i \leq N$;

[0012] 步骤二、安装架安装:在步骤一中所确定的 N 个测点上分别安装一个安装架, N 个所述安装架均固定安装在所述箱梁的顶板底部;

[0013] 步骤三、静力水准仪安装：在步骤二中已安装完成的 N 个所述安装架的支撑板上分别安装一个静力水准仪，并通过连通管将所安装的 N 个静力水准仪的贮液容器相互连通， N 个所述静力水准仪均与所述数据采集系统相接； N 个所述静力水准仪分别通过一个安装架安装在 N 个所述测点上；

[0014] 步骤四、长期挠度监测，过程如下：

[0015] 步骤 401、初始液位高度获取：步骤三中 N 个所述静力水准仪均安装完成后，通过所述数据采集系统对 N 个所述静力水准仪测试出的初始液位高度进行采集并记录； N 个所述静力水准仪测试出的初始液位高度分别记作 h_{01} 、 h_{02} 、 $\cdots$ 、 h_{0N} ；

[0016] 步骤 402、挠度监测时间点确定：步骤 401 中初始液位高度获取后，按照预先设计的挠度监测周期或挠度监测频率，并结合所监测桥梁挠度监测期的期限，对所述挠度监测期内所监测桥梁的所有挠度监测时间点进行确定；所述挠度监测期内所监测桥梁的挠度监测时间点总数量为 n 个， n 个所述挠度监测时间点分别记作 t_1 、 t_2 、 $\cdots$ 、 t_n ；其中， n 为正整数且 $n \geq 3$ ；

[0017] 步骤 403、挠度监测：所监测桥梁使用过程中，按照步骤 402 中所确定的挠度监测时间点，由先至后对所监测桥梁在各挠度监测时间点的挠度数据进行测试，并对测试得出的挠度数据进行同步记录；其中，所述挠度监测期内所监测桥梁在各挠度监测时间点的挠度数据测试方法均相同；对任一挠度监测时间点 t_k 的挠度数据进行测试时，过程如下：

[0018] 步骤 4031、当前液位高度获取：通过所述数据采集系统，对当前状态下多个所述静力水准仪测试出的液位高度进行采集并记录，此时 N 个所述静力水准仪测试出的液位高度分别记作 h_{k1} 、 h_{k2} 、 $\cdots$ 、 h_{kN} ；其中， k 为正整数且 $k = 1, 2, \cdots, n$ ；

[0019] 步骤 4032、各测点的相对垂直位移确定：根据步骤 4031 中所记录的多个所述静力水准仪测试出的液位高度，并结合步骤 401 中所记录的 N 个所述静力水准仪测试出的初始液位高度，对当前状态下 N 个测点相对基准点的垂直位移量进行确定；

[0020] N 个测点相对基准点的垂直位移量确定方法均相同，对 N 个测点中任一测点 j 相对基准点的垂直位移量进行确定时，根据公式 $h_{ji(k)} = (h_{kj} - h_{ki}) - (h_{0j} - h_{0i})$ ，计算得出当前状态下测点 j 相对基准点的垂直位移量 $h_{ji(k)}$ ；当前状态下 N 个测点相对基准点的垂直位移量分别记作 $h_{1i(k)}$ 、 $h_{2i(k)}$ 、 $\cdots$ 、 $h_{Ni(k)}$ ；

[0021] 步骤 4033、挠度数据记录：对步骤 4032 中所确定的当前状态下 N 个测点相对基准点的垂直位移量进行记录，且当前状态下 N 个测点相对基准点的垂直位移量为所监测桥梁在挠度监测时间点 t_k 的挠度数据。

[0022] 上述方法，其特征是：步骤一中所监测桥梁的梁体上需进行挠度监测的多个测点进行确定后，还需对所确定的 N 个测点的位置进行测量，并对测量结果进行记录； N 个所述测点沿所述箱梁的中心轴线由前至后布设；

[0023] 步骤 4032 中当前状态下 N 个测点相对基准点的垂直位移量为当前状态下 N 个测点相对基准点的沉降量，且各测点相对基准点的垂直位移量均为竖直方向上的位移量；

[0024] 步骤 4032 中对当前状态下 N 个测点相对基准点的垂直位移量进行确定后，还需根据测量出的 N 个测点的布设位置，计算得出当前状态下 N 个测点相对基准点的倾斜变化量；对当前状态下 N 个测点相对基准点的倾斜变化量进行计算之前，先根据 N 个测点的位置测量结果，对 N 个测点与基准点之间的水平距离分别进行计算，其中测点 j 与基准点之间的水

平距离记作 l_{ji} ；

[0025] N个测点相对基准点的倾斜变化量计算方法均相同,对N个测点中任一个测点j相对基准点的倾斜变化量进行计算时,根据公式 $\alpha_{ji(k)} = \arctan \frac{h_{ji(k)}}{l_{ji}}$, 计算得出当前状态下测

点j相对基准点的倾斜变化量 $\alpha_{ji(k)}$;当前状态下N个测点相对基准点的倾斜变化量分别记作 $\alpha_{1i(k)}$ 、 $\alpha_{2i(k)}$ 、 $\cdots$ 、 $\alpha_{Ni(k)}$ 。

[0026] 上述方法,其特征是:步骤三中进行静力水准仪安装时,安装在所述基准点上的静力水准仪的贮液容器通过连接管与安装高度固定的液体存储容器相接,所述液体存储容器内安装有液位检测单元;

[0027] 步骤401中进行初始液位高度获取时,还需对此时所述液位检测单元所检测的初始液位高度进行记录,所述液位检测单元所检测的初始液位高度记作 H_0 ;

[0028] 步骤4032中对当前状态下N个测点相对基准点的垂直位移量进行确定后,根据所记录的所述液位检测单元所检测的初始液位高度 H_0 和当前状态下所述液位检测单元所检测的液位高度 H_k ,对当前状态下N个测点的垂直位移量进行确定;

[0029] N个测点的垂直位移量确定方法均相同,对N个测点中任一个测点j的垂直位移量进行确定时,根据公式 $H_{j(k)} = h_{ji(k)} + (H_k - H_0)$, 计算得出当前状态下测点j的垂直位移量 $H_{j(k)}$;当前状态下N个测点的垂直位移量分别记作 $H_{1(k)}$ 、 $H_{2(k)}$ 、 $\cdots$ 、 $H_{N(k)}$ 。

[0030] 上述方法,其特征是:步骤三中进行静力水准仪安装时,通过上下调整安装架上的支撑板,对所安装静力水准仪的安装高度进行调整;

[0031] 步骤三中静力水准仪安装完成后,N个所述静力水准仪的安装高度均相同;

[0032] 步骤401中进行初始液位高度获取和步骤4031中进行当前液位高度获取时,均在步骤三中所安装N个静力水准仪的贮液容器内液面稳定后,通过所述数据采集系统进行采集并记录;

[0033] 步骤401中进行初始液位高度获取时,待步骤三中N个所述静力水准仪均安装完成且N个静力水准仪的贮液容器内液面均稳定后,先对N个静力水准仪的贮液容器内所装液位传感器进行调零;步骤401中N个所述静力水准仪测试出的初始液位高度均为零。

[0034] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0035] 1、所采用的长期挠度监测系统结构简单、设计合理且安装布设方便、投入成本较低。

[0036] 2、所采用的安装架结构简单、设计合理且加工制作简便,并且安装架能实现工厂化批量生产,因而加工精度易于保证,加工成本较低。

[0037] 3、由于安装架在工厂预制完成,因而能大幅度减少现场静力水准仪的安装时间,并且由于安装架加工质量好,静力水准仪的安装精度也能有效保证,安装过程简便、快速。

[0038] 4、通过安装架将静力水准仪安装在箱梁内部,因而静力水准仪的检测过程受外侧环境影响较小,检测精度较高、使用寿命长、维护成本较低且使用效果好,适宜长时间使用。

[0039] 5、安装架由多个三角形支撑架组装而成,三角形支撑架结构稳定且固定牢靠,因而安装架能随所监测桥梁同步变形,因而能进一步保证桥梁挠度监测精度。另外,多个三角形支撑架之间通过多道加劲肋板条进行连接,便于工厂化生产,现场组装,能有效保证安装架的加工质量和耐久性。

[0040] 6、安装架与所监测桥梁之间通过膨胀螺栓进行固定,不仅固定牢靠,而且拆装过程简便、快捷,同时不会对箱梁结构产生不必要的破坏。另外,静力水准仪与安装架之间通过连接螺栓进行固定,因而固定方便且固定效果好,省时省力。

[0041] 7、安装架能重复多次使用,节约成本。

[0042] 8、能根据箱梁的纵坡和安装高度的变化,对安装架的加工尺寸进行调整,这样能简便、有效保证多个静力水准仪能安装在同一高度处,保证桥梁挠度监测精度。

[0043] 9、通过上下调整支撑板能对静力水准仪的安装高度进行精确调整,从而能简便、有效调整各静力水准仪的安装精度,保证挠度监测精度。

[0044] 10、静力水准仪通过安装架固定在所监测箱梁的顶板底部,这样能有效解决现有连续刚构桥等梁底纵坡较大的桥梁进行挠度监测时监测装置难以布设在与梁体变形位置高度相当的位置,只能根据腹板或底板的测量值粗略计算出不同箱室内顶板的挠度,并且不能反映跨中、四分点等关键截面上横桥向不同位置处的精确挠度等问题。

[0045] 11、所采用的监测方法步骤简单、实现方便、使用效果好且能对桥梁挠度进行长期、有效监测,并能实现对桥面进行精确、快捷、安全、方便及实时监测。

[0046] 12、挠度监测精度较高、使用效果好且实用价值高,安装及监测过程不用中断交通,安全可靠,能有效解决目前高墩、大跨度桥梁实时挠度监测困难和不易连续定期进行挠度测量等问题。

[0047] 综上所述,本发明结构简单、设计合理且操作简便、使用效果好,能有效解决现有桥梁挠度测量不方便、安装过程复杂、测量精度有限等问题。

[0048] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

附图说明

[0049] 图1为本发明所采用长期挠度监测系统的使用状态参考图。

[0050] 图2为本发明安装架的使用状态参考图。

[0051] 图3为本发明安装架的结构示意图。

[0052] 图4为图3的I-I剖视图。

[0053] 图5为图3的II-II剖视图。

[0054] 图6为本发明所采用长期挠度监测方法的流程框图。

[0055] 附图标记说明:

[0056] 1—静力水准仪; 2—安装架; 2-1—支撑板;

[0057] 2-2—第一支撑杆; 2-3—第二支撑杆; 2-31—长条形安装孔;

[0058] 2-4—斜支撑杆; 2-5—第一连接螺栓; 2-6—第二连接螺栓;

[0059] 2-7—加劲肋板条; 3—连通管; 4—膨胀螺栓。

具体实施方式

[0060] 如图1、图2、图3、图4及图5所示,本发明所述大跨度桥梁用长期挠度监测系统,包括多个静力水准仪1,多个所述静力水准仪1均通过安装架2安装在所监测桥梁的梁体上,所监测桥梁的梁体为箱梁;所述安装架2的数量为多个且其数量与静力水准仪1的数量相同,多个所述安装架2沿所监测桥梁的纵桥向由前至后布设,多个所述安装架2均固定

安装在所述箱梁的顶板底部。多个所述静力水准仪 1 均与数据采集系统相接,且多个所述静力水准仪 1 和所述数据采集系统组成静力水准监测系统。多个所述安装架 2 的结构均相同,所述安装架 2 包括三角形支撑架和安装在所述三角形支撑架上且安装高度可调的支撑板 2-1,所述三角形支撑架沿所监测桥梁的横桥向布设,所述静力水准仪 1 安装在支撑板 2-1 上。所述三角形支撑架包括第一支撑杆 2-2、固定在第一支撑杆 2-2 一端下方的第二支撑杆 2-3 和连接于第一支撑杆 2-2 另一端与第二支撑杆 2-3 下端之间的斜支撑杆 2-4,所述第一支撑杆 2-2、第二支撑杆 2-3 和斜支撑杆 2-4 均布设在同一平面上,所述第一支撑杆 2-2 平贴在所述箱梁的顶板底部,所述第二支撑杆 2-3 与第一支撑杆 2-2 呈垂直布设,所述支撑板 2-1 与第一支撑杆 2-2 呈平行布设。所述第一支撑杆 2-2 通过多个膨胀螺栓 4 固定在所述箱梁的顶板上。

[0061] 本实施例中,多个所述静力水准仪 1 的贮液容器之间通过连通管 3 相互连通,多个所述静力水准仪 1 的安装高度均相同。

[0062] 也就是说,多个所述安装架 2 的支撑板 2-1 的安装高度均相同。实际施工时,可以通过调整多个所述安装架 2 的加工尺寸以及上下调整支撑板 2-1 对多个所述静力水准仪 1 的安装高度进行调整。所述第一支撑杆 2-2 与其所布设位置处所述箱梁的顶板呈平行布设。

[0063] 其中,所述静力水准监测系统又称连通管水准仪,静力水准仪 1 的贮液容器相互用连通管 3(也称通液管)完全连通,贮液容器内注入液体,当液体液面完全静止后所述静力水准监测系统中所有静力水准仪 1 的贮液容器内的液面处于同一个大地水准面上。并且,所述贮液容器内装有对内内部液位进行检测的液位传感器,如磁致伸缩式传感器等。

[0064] 实际使用时,多个静力水准仪 1 分别布设在所监测桥梁上的多个测点上。基于连通器原理,保持多个静力水准仪 1 的贮液容器内液体位于同一液面水位,当所监测桥梁发生变形时,多个静力水准仪 1 在各测点上反映的是液面高度的变化,结合所述数据采集系统,能够在较短的时间内迅速读取各液面的位置。

[0065] 本实施例中,多个所述静力水准仪 1 沿所述箱梁的中心轴线由前至后布设,前后相邻两个所述静力水准仪 1 的贮液容器之间通过连通管 3 相互连通。

[0066] 实际施工时,所述第一支撑杆 2-2、第二支撑杆 2-3 和斜支撑杆 2-4 均为型钢。所述第一支撑杆 2-2 上开有多个分别供膨胀螺栓 4 安装的螺栓安装孔,所述第一支撑杆 2-2 的一端与第二支撑杆 2-3 的上端固定连接,所述斜支撑杆 2-4 的两端分别与第一支撑杆 2-2 的另一端与第二支撑杆 2-3 的下端固定连接。所述斜支撑杆 2-4 位于第二支撑杆 2-3 的一侧,所述支撑板 2-1 位于斜支撑杆 2-4 的另一侧且其安装在斜支撑杆 2-4 下部,所述支撑板 2-1 沿所监测桥梁的横桥向布设。所述第一支撑杆 2-2 与第二支撑杆 2-3 之间以及所述斜支撑杆 2-4 与第一支撑杆 2-2 和第二支撑杆 2-3 之间均以焊接方式固定连接。

[0067] 本实施例中,所述第一支撑杆 2-2 沿所监测桥梁的横桥向布设,所述第一支撑杆 2-2 和第二支撑杆 2-3 均为角钢,所述第一支撑杆 2-2 的两边分别为第一直角边和第二直角边,第二支撑杆 2-3 的两边分别为第三直角边和第四直角边。所述第一直角边平贴在所述箱梁的顶板底部,所述第三直角边上部平贴在所述第二直角边的内壁上且所述第三直角边上部与所述第二直角边的内壁固定连接,所述第二支撑杆 2-3 的顶端固定在所述第一直角边的底面上。

[0068] 实际布设安装时,所述第一支撑杆 2-2 呈水平布设,所述第二支撑杆 2-3 呈竖直向布设。相应地,所述第一直角边呈水平布设。

[0069] 实际施工时,所述安装架 2 中所述三角形支撑架的数量为多个,多个所述三角形支撑架的结构和尺寸均相同且其沿所监测桥梁的纵桥向由前至后布设,多个所述三角形支撑架呈平行布设,前后相邻两个所述三角形支撑架之间均通过多个连接件进行连接。所述安装架 2 中支撑板 2-1 的数量为一个,所述支撑板 2-1 安装在多个所述三角形支撑架的第二支撑杆 2-3 上,多个所述三角形支撑架的第二支撑杆 2-3 均布设在同一平面上,且多个所述三角形支撑架的第二支撑杆 2-3 上均开有供支撑板 2-1 安装的安装孔。多个所述连接件连接于前后相邻两个所述三角形支撑架的第二支撑杆 2-3 之间,且多个所述连接件由上至下布设。

[0070] 本实施例中,多个所述连接件均与第一支撑杆 2-2 呈平行布设。

[0071] 本实施例中,多个所述连接件的数量为三个。

[0072] 实际加工时,可以根据具体需要,对多个所述连接件的数量进行相应调整。

[0073] 本实施例中,所述连接件为加劲肋板条 2-7,所述加劲肋板条 2-7 为钢板条,所述加劲肋板条 2-7 与前后相邻两个所述三角形支撑架的第二支撑杆 2-3 之间均以焊接方式固定连接。

[0074] 实际加工时,所述加劲肋板条 2-7 为呈水平布设的矩形板条。

[0075] 本实施例中,所述斜支撑杆 2-4 为钢筋或角钢。实际使用时,所述斜支撑杆 2-4 也可以采用其它类型的钢质支撑杆件。

[0076] 本实施例中,所述支撑板 2-1 的横截面为 L 形,所述支撑板 2-1 包括安装在第二支撑杆 2-3 上的第一安装板和布设在所述第一安装板上部外侧且供的静力水准仪 1 安装的第二安装板。所述第一安装板与第二安装板连接为一体且二者呈垂直布设,所述静力水准仪 1 通过多个第一连接螺栓 2-5 安装在所述第二安装板上。所述第一安装板通过多个第二连接螺栓 2-6 安装在第二支撑杆 2-3 上,所述第二支撑杆 2-3 上开有一个供第二连接螺栓 2-6 安装的长条形安装孔 2-31,所述第一安装板上开有供第二连接螺栓 2-6 安装的圆形安装孔。

[0077] 本实施例中,所述安装架 2 与静力水准仪 1 的数量均为两个。所述长条形安装孔 2-31 呈竖直向布设。

[0078] 实际使用时,可以根据具体需要,对安装架 2 与静力水准仪 1 的数量进行相应调整,其中安装架 2 与静力水准仪 1 的数量与所监测桥梁上测点的数量相同。

[0079] 本实施例中,所述安装架 2 中所述三角形支撑架的数量为两个,并且两个所述三角形支撑架呈对称布设。两个所述三角形支撑架的第三直角边呈平行布设,多个所述连接件连接于两个所述三角形支撑架的第三直角边之间。两个所述三角形支撑架的第四直角边布设于同一竖直平面上,所述支撑板 2-1 的第一安装板安装在两个所述三角形支撑架的第四直角边上,所述第一安装板与两个所述三角形支撑架的第四直角边呈平行布设。所述支撑板 2-1 的第一安装板呈竖直向布设,所述支撑板 2-1 的第二安装板呈水平布设,这样静力水准仪 1 能处于水平状态,并且所述第一安装板和第二安装板均为矩形板。

[0080] 本实施例中,所述第一支撑杆 2-2 的长度为 50cm ~ 60cm。并且,第一支撑杆 2-2 通过 3 个膨胀螺栓 4 固定在所述箱梁的顶板上。所述第二支撑杆 2-3 长度为 60cm ~ 100cm。所述斜支撑杆 2-4 的长度为 80cm ~ 140cm。

[0081] 如图 6 所示的一种大跨度桥梁用长期挠度监测方法,包括以下步骤:

[0082] 步骤一、测点确定及基准点选择:对所监测桥梁的梁体上需进行挠度监测的多个测点进行确定,并从所确定的多个测点中选取一个测点作为基准点;所监测桥梁的梁体为箱梁;多个所述测点的数量为 N 个, N 个所述测点分别为测点 1、测点 2、 $\cdots$ 、测点 N ,其中 N 为正整数且 $N \geq 2$ 个;所述基准点为测点 i ,其中 i 为正整数且 $1 \leq i \leq N$ 。

[0083] 本实施例中, $N = 2$ 。实际施工时,可以根据具体需要,对 N 的取值大小进行相应调整。

[0084] 步骤二、安装架安装:在步骤一中所确定的 N 个测点上分别安装一个安装架 2, N 个所述安装架 2 均固定安装在所述箱梁的顶板底部。

[0085] 步骤三、静力水准仪安装:在步骤二中已安装完成的 N 个所述安装架 2 的支撑板 2-1 上分别安装一个静力水准仪 1,并通过连通管 3 将所安装的 N 个静力水准仪 1 的贮液容器相互连通, N 个所述静力水准仪 1 均与所述数据采集系统相接; N 个所述静力水准仪 1 分别通过一个安装架 2 安装在 N 个所述测点上。

[0086] 步骤四、长期挠度监测,过程如下:

[0087] 步骤 401、初始液位高度获取:步骤三中 N 个所述静力水准仪 1 均安装完成后,通过所述数据采集系统对 N 个所述静力水准仪 1 测试出的初始液位高度进行采集并记录; N 个所述静力水准仪 1 测试出的初始液位高度分别记作 h_{01} 、 h_{02} 、 $\cdots$ 、 h_{0N} 。

[0088] 本实施例中,所述数据采集系统包括数据采集单元和与所述数据采集单元相接的数埋处理设备,所述数据采集单元对 N 个所述静力水准仪 1 测试出的初始液位高度进行采集后传送至所述数据处理设备,通过所述数埋处理设备同步记录。

[0089] 步骤 402、挠度监测时间点确定:步骤 401 中初始液位高度获取后,按照预先设计的挠度监测周期或挠度监测频率,并结合所监测桥梁挠度监测期的期限,对所述挠度监测期内所监测桥梁的所有挠度监测时间点进行确定;所述挠度监测期内所监测桥梁的挠度监测时间点总数量为 n 个, n 个所述挠度监测时间点分别记作 t_1 、 t_2 、 $\cdots$ 、 t_n ;其中, n 为正整数且 $n \geq 3$ 。

[0090] 本实施例中,步骤 402 中进行挠度监测时间点确定时,由所述数埋处理设备确定。

[0091] 步骤 403、挠度监测:所监测桥梁使用过程中,按照步骤 402 中所确定的挠度监测时间点,由先至后对所监测桥梁在各挠度监测时间点的挠度数据进行测试,并对测试得出的挠度数据进行同步记录;其中,所述挠度监测期内所监测桥梁在各挠度监测时间点的挠度数据测试方法均相同;对任一个挠度监测时间点 t_k 的挠度数据进行测试时,过程如下:

[0092] 步骤 4031、当前液位高度获取:通过所述数据采集系统,对当前状态下多个所述静力水准仪 1 测试出的液位高度进行采集并记录,此时 N 个所述静力水准仪 1 测试出的液位高度分别记作 h_{k1} 、 h_{k2} 、 $\cdots$ 、 h_{kN} ;其中, k 为正整数且 $k = 1, 2, \cdots, n$ 。

[0093] 本实施例中,所述数据采集单元对 N 个所述静力水准仪 1 测试出的液位高度进行采集后传送至所述数据处理设备,并通过所述数埋处理设备同步记录。

[0094] 步骤 4032、各测点的相对垂直位移确定:根据步骤 4031 中所记录的多个所述静力水准仪 1 测试出的液位高度,并结合步骤 401 中所记录的 N 个所述静力水准仪 1 测试出的初始液位高度,对当前状态下 N 个测点相对基准点的垂直位移量进行确定。

[0095] N个测点相对基准点的垂直位移量确定方法均相同,对N个测点中任一个测点j相对基准点的垂直位移量进行确定时,根据公式 $h_{ji(k)} = (h_{kj} - h_{ki}) - (h_{0j} - h_{0i})$, 计算得出当前状态下测点j相对基准点的垂直位移量 $h_{ji(k)}$; 当前状态下N个测点相对基准点的垂直位移量分别记作 $h_{1i(k)}$ 、 $h_{2i(k)}$ 、 $\cdots$ 、 $h_{Ni(k)}$ 。

[0096] 本实施例中,对各测点的相对垂直位移进行确定时,由所述数据处理设备进行确定。

[0097] 步骤4033、挠度数据记录:对步骤4032中所确定的当前状态下N个测点相对基准点的垂直位移量进行记录,且当前状态下N个测点相对基准点的垂直位移量为所监测桥梁在挠度监测时间点 t_k 的挠度数据。

[0098] 本实施例中,步骤一中所监测桥梁的梁体上需进行挠度监测的多个测点进行确定后,还需对所确定的N个测点的位置进行测量,并对测量结果进行记录;N个所述测点沿所述箱梁的中心轴线由前至后布设。

[0099] 步骤4032中当前状态下N个测点相对基准点的垂直位移量为当前状态下N个测点相对基准点的沉降量,且各测点相对基准点的垂直位移量均为竖直方向上的位移量。

[0100] 步骤4032中对当前状态下N个测点相对基准点的垂直位移量进行确定后,还需根据测量出的N个测点的布设位置,计算得出当前状态下N个测点相对基准点的倾斜变化量;对当前状态下N个测点相对基准点的倾斜变化量进行计算之前,先根据N个测点的位置测量结果,对N个测点与基准点之间的水平距离分别进行计算,其中测点j与基准点之间的水平距离记作 l_{ji} 。

[0101] N个测点相对基准点的倾斜变化量计算方法均相同,对N个测点中任一个测点j相对基准点的倾斜变化量进行计算时,根据公式 $\alpha_{ji(k)} = \arctan \frac{h_{ji(k)}}{l_{ji}}$, 计算得出当前状态下测

点j相对基准点的倾斜变化量 $\alpha_{ji(k)}$; 当前状态下N个测点相对基准点的倾斜变化量分别记作 $\alpha_{1i(k)}$ 、 $\alpha_{2i(k)}$ 、 $\cdots$ 、 $\alpha_{Ni(k)}$ 。

[0102] 其中,对N个测点的位置进行测量后,便能得出N个静力水准仪1的安装高程,此安装高程为静力水准仪1的贮液容器底部高程。

[0103] 本实施例中,对当前状态下N个测点相对基准点的倾斜变化量进行计算时,由所述数据处理设备进行计算。

[0104] 本实施例中,步骤三中进行静力水准仪安装时,安装在所述基准点上的静力水准仪1的贮液容器通过连接管与安装高度固定的液体存储容器相接,所述液体存储容器内安装有液位检测单元。

[0105] 步骤401中进行初始液位高度获取时,还需对此时所述液位检测单元所检测的初始液位高度进行记录,所述液位检测单元所检测的初始液位高度记作 H_0 。

[0106] 步骤4032中对当前状态下N个测点相对基准点的垂直位移量进行确定后,根据所记录的所述液位检测单元所检测的初始液位高度 H_0 和当前状态下所述液位检测单元所检测的液位高度 H_k ,对当前状态下N个测点的垂直位移量进行确定。

[0107] N个测点的垂直位移量确定方法均相同,对N个测点中任一个测点j的垂直位移量进行确定时,根据公式 $H_{j(k)} = h_{ji(k)} + (H_k - H_0)$, 计算得出当前状态下测点j的垂直位移量 $H_{j(k)}$; 当前状态下N个测点的垂直位移量分别记作 $H_{1(k)}$ 、 $H_{2(k)}$ 、 $\cdots$ 、 $H_{N(k)}$ 。

[0108] 本实施例中,步骤三中进行静力水准仪安装时,通过上下调整安装架 2 上的支撑板 2-1,对所安装静力水准仪 1 的安装高度进行调整。

[0109] 步骤 401 中进行初始液位高度获取和步骤 4031 中进行当前液位高度获取时,均在步骤三中所安装 N 个静力水准仪 1 的贮液容器内液面稳定后,通过所述数据采集系统进行采集并记录。

[0110] 步骤 401 中进行初始液位高度获取时,待步骤三中 N 个所述静力水准仪 1 均安装完成且 N 个静力水准仪 1 的贮液容器内液面均稳定后,先对 N 个静力水准仪 1 的贮液容器内所装液位传感器进行调零;步骤 401 中 N 个所述静力水准仪 1 测试出的初始液位高度均为零。

[0111] 本实施例中, N 个所述静力水准仪 1 测试出的液位高度均为贮液容器内液面至贮液容器底部的高度。

[0112] 实际施工时,步骤三中静力水准仪安装完成后, N 个所述静力水准仪 1 的安装高度均相同。本实施例中,步骤三中静力水准仪安装完成后, N 个所述静力水准仪 1 的贮液容器底部高度均相同。

[0113] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何限制,凡是根据本发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效结构变化,均仍属于本发明技术方案的保护范围内。

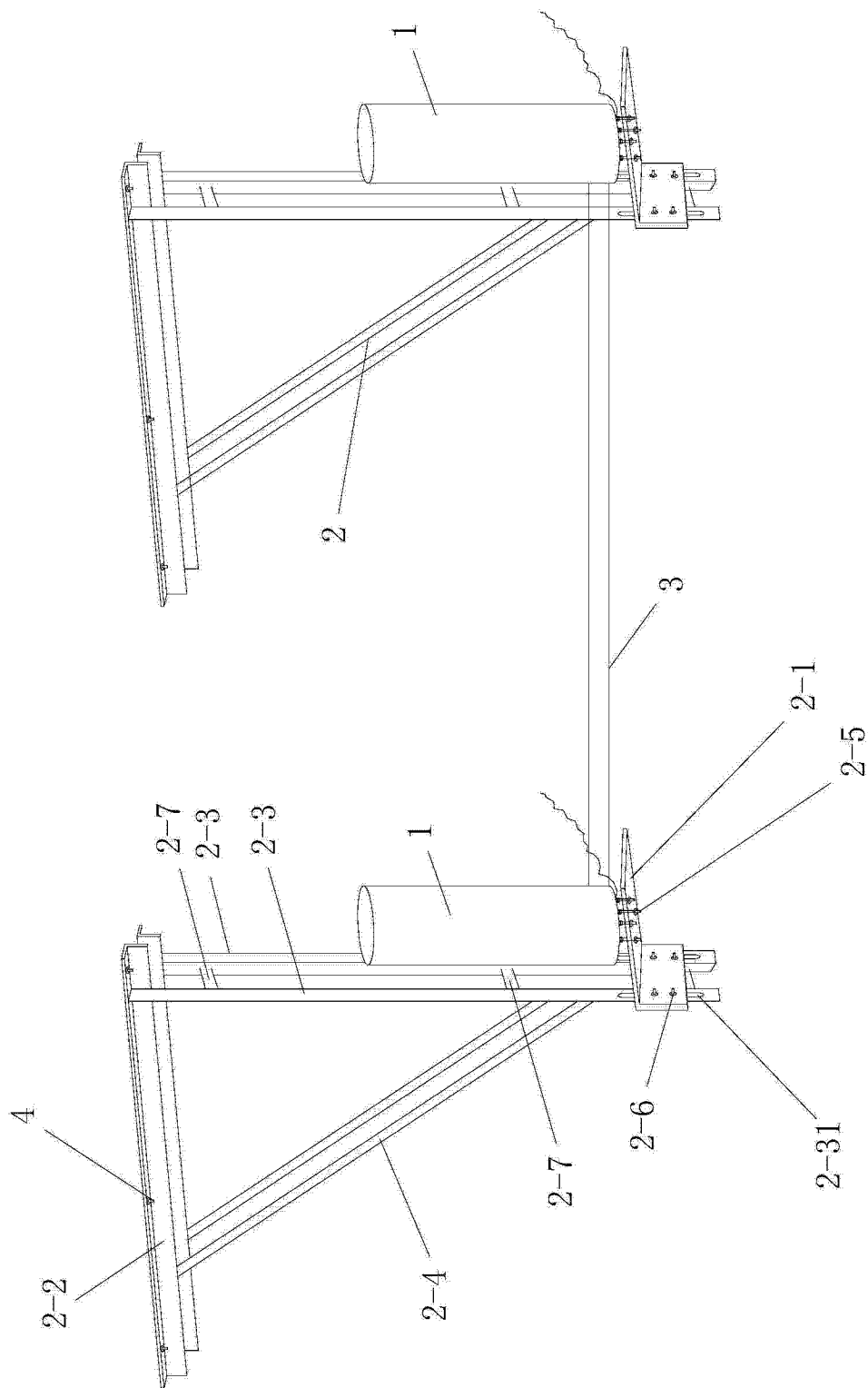


图 1

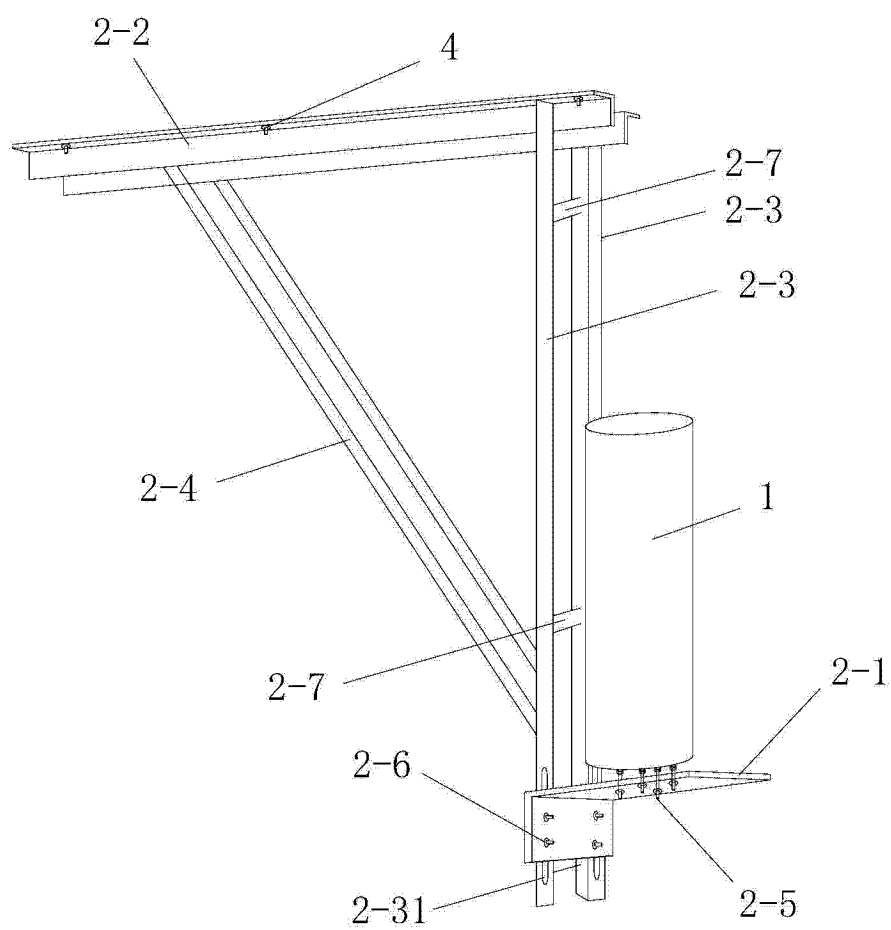


图 2

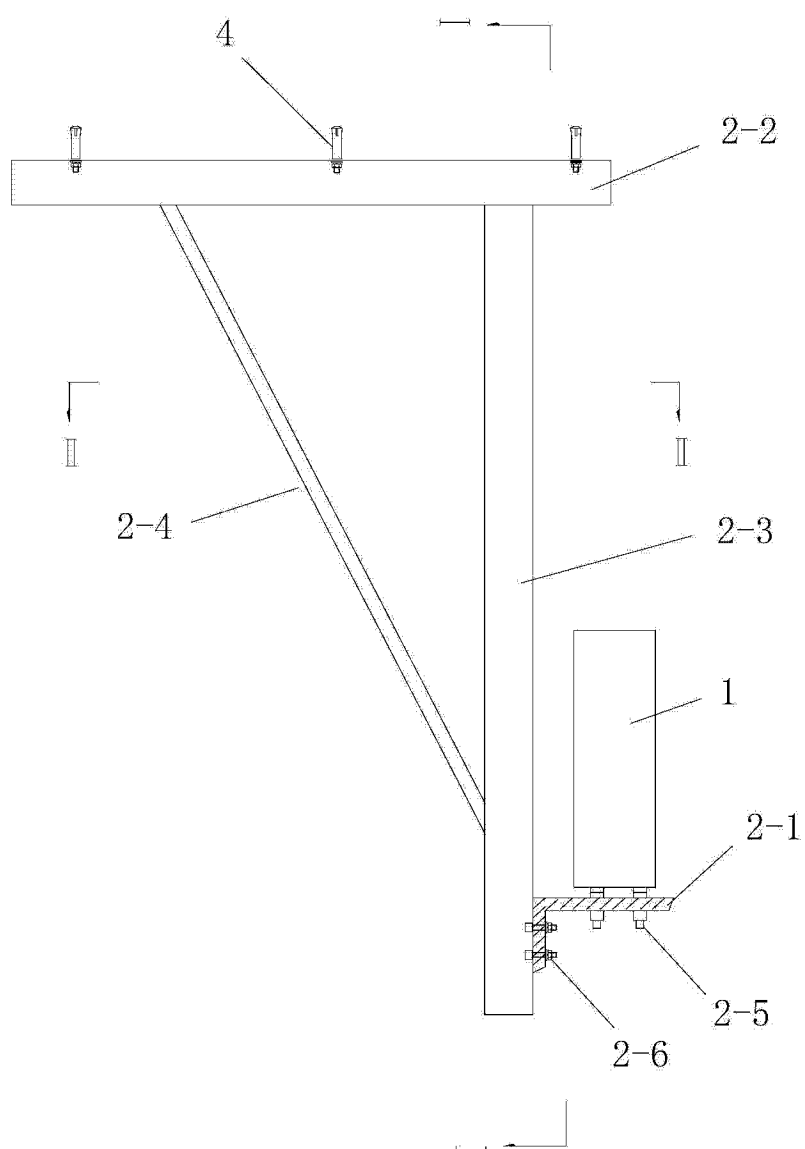


图 3

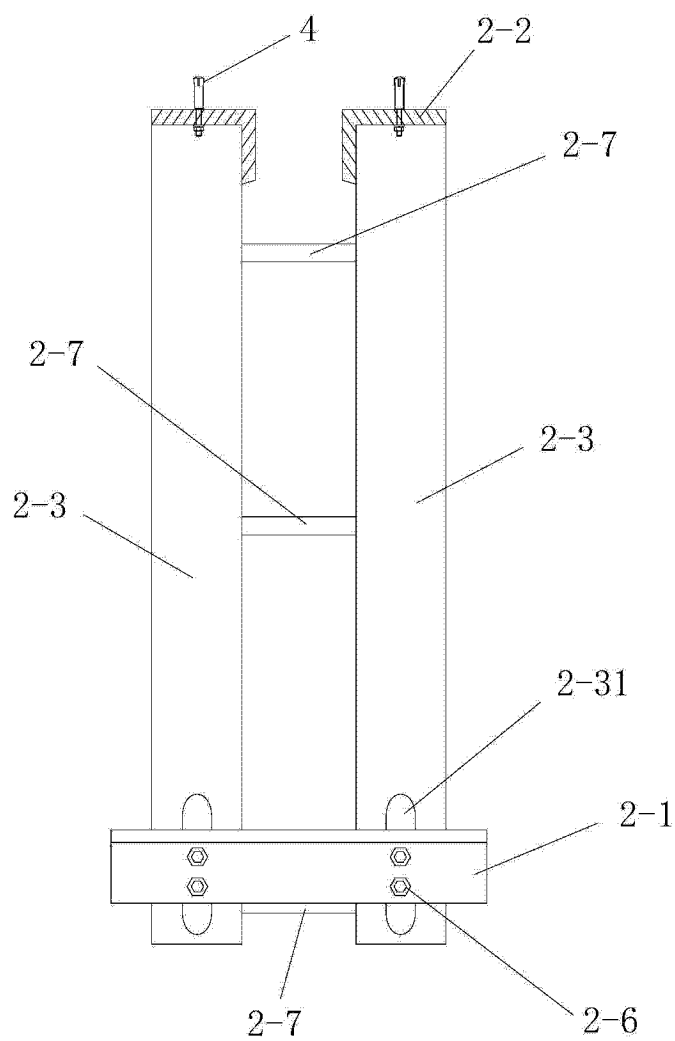


图 4

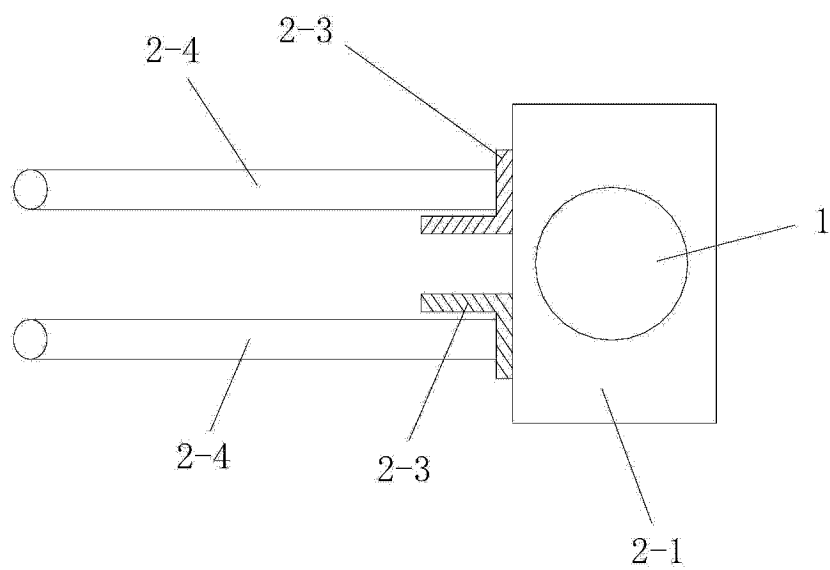


图 5

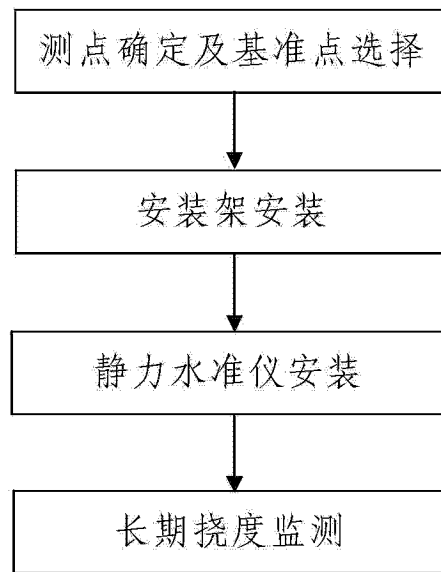


图 6