



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106908028 B

(45)授权公告日 2019.03.19

(21)申请号 201710170709.X

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2017.03.21

G01C 3/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

G01C 5/00(2006.01)

申请公布号 CN 106908028 A

G01C 9/00(2006.01)

(43)申请公布日 2017.06.30

审查员 丁宏杰

(73)专利权人 中冶华天包头设计研究总院有限公司

地址 014010 内蒙古自治区包头市昆区钢铁大街

专利权人 中冶华天南京工程技术有限公司

(72)发明人 徐阳

(74)专利代理机构 北京市浩天知识产权代理事务所(普通合伙) 11276

代理人 刘云贵 金卫文

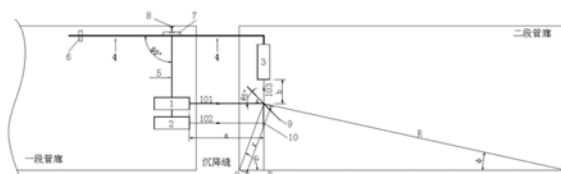
权利要求书2页 说明书14页 附图6页

(54)发明名称

管廊沉降检测系统及检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种管廊沉降检测系统及检测方法。其中检测系统包括：十字型吊架，通过万向节悬挂安装在一段管廊的顶板上；十字型吊架的水平横梁的一端设置有螺旋配重；十字型吊架的水平横梁上安装有气泡水平仪；三台激光测距仪，第一激光测距仪和第二激光测距仪安装在十字型吊架的竖直梁的下端；第三激光测距仪安装在十字型吊架的水平横梁的另一端；及漫反射板，由固定板和活动板组成；其中，固定板安装在二段管廊的侧壁上；活动板与固定板通过轴进行连接，且始终处于竖直向下的状态。采用本发明的系统，可以对管廊的倾斜角度、水平方向位移和/或竖直方向位移进行检测，可以实现对管廊沉降情况的实时检测和预知预判。



1. 一种管廊沉降检测系统,其特征在于,用于对管廊的倾斜角度、水平方向位移和/或竖直方向位移进行检测,所述系统包括:

十字型吊架,通过万向节悬挂安装在一段管廊的顶板上;所述十字型吊架的水平横梁的一端设置有螺旋配重;所述十字型吊架的水平横梁上安装有气泡水平仪;

三台激光测距仪,第一激光测距仪和第二激光测距仪安装在所述十字型吊架的竖直梁的下端,位于一段管廊内部;第三激光测距仪安装在所述十字型吊架的水平横梁的另一端,位于二段管廊内部;及

漫反射板,由固定板和活动板组成;其中,所述固定板安装在二段管廊的侧壁上,与水平方向成预设角度;所述活动板与所述固定板通过轴进行连接,且始终处于竖直向下的状态。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述第一激光测距仪和第二激光测距仪的光线始终保持在水平状态,所述第三激光测距仪的光线始终保持竖直状态。

3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,初始状态下所述第一激光测距仪和第三激光测距仪的光线照射到所述固定板和活动板连接的轴的位置上。

4. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述第一激光测距仪和第三激光测距仪的光线始终照射到所述固定板上;所述第二激光测距仪的光线始终照射到所述活动板上。

5. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述螺旋配重为可调螺旋配重,用于调节使十字型吊架的水平横梁保持在水平状态。

6. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述十字型吊架由刚性材料制作而成。

7. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述第一激光测距仪用于测量第一激光测距仪到固定板的水平距离;所述第二激光测距仪用于测量第二激光测距仪到活动板的水平距离;所述第三激光测距仪用于测量第三激光测距仪到固定板的竖直距离。

8. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述活动板与固定板的连接轴位于所述固定板的中间部位。

9. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述预设角度为45度。

10. 一种管廊沉降检测方法,其特征在于,所述方法利用权利要求1-9中任一项所述的管廊沉降检测系统对管廊的倾斜角度、水平方向位移和/或竖直方向位移进行检测,所述方法预先获取第一激光测距仪到固定板的第一初始水平距离 a_1 、第二激光测距仪到活动板的第二初始水平距离 a_2 、第三激光测距仪到固定板的初始竖直距离 b 作为初始参数;其中, $a_1 = a_2 = a$;

所述方法包括:

测量第一激光测距仪到固定板的实际水平距离 x 、第三激光测距仪到固定板的实际竖直距离 y ;

将 x 与 a 进行比较,将 y 与 b 进行比较;

若 $x = a$ 且 $y = b$,则检测到二段管廊没有发生沉降;

若 $x \neq a$ 且 $y \neq b$,则计算固定板与水平方向的夹角 θ ;将所述夹角 θ 与预设角度进行比较;若所述夹角 θ 等于所述预设角度,则检测到二段管廊仅在竖直方向发生沉降;若所述夹角 θ 小于所述预设角度,则检测到二段管廊发生左侧倾斜;若所述夹角 θ 大于所述预设角度,则检测到二段管廊发生右侧倾斜。

11. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,若所述夹角 θ 等于所述预设角度,所述方法还包括:根据初始竖直距离 b 和实际竖直距离 y 计算竖直方向的沉降位移。

12. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,若所述夹角 θ 小于所述预设角度,所述方法还包括:根据所述夹角 θ 计算二段管廊的左倾斜角 δ ;

利用如下公式计算二段管廊的水平位移 x_4 :

$$x_4 = a - L - r \sqrt{[2 \sin(\delta / 2)]^2 - [\sin(\omega + \delta) - \sin \omega]^2}$$

其中, L 为第二激光测距仪到活动板的实际水平距离, r 为二段管廊左下角与初始位置时固定板的中心点的距离, ω 是以二段管廊左下角为顶点、二段管廊底部为一边、二段管廊左下角到初始位置时固定板的中心点连线为另一边所成的角的大小;

利用如下公式计算二段管廊的竖直位移 y_3 :

$$y_3 = (L - a) \tan \theta + r [\sin(\omega + \delta) - \sin \omega] + (y - b)。$$

13. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,若所述夹角 θ 大于所述预设角度,所述方法还包括:根据所述夹角 θ 计算二段管廊的右倾斜角 τ ;

利用如下公式计算二段管廊的水平位移 x_4 :

$$x_4 = L - a - R \sqrt{[2 \sin(\tau / 2)]^2 - [\sin(\phi + \tau) - \sin \phi]^2}$$

其中, L 为第二激光测距仪到活动板的实际水平距离, R 为二段管廊右下角与初始位置时固定板的中心点A的距离, ϕ 是以二段管廊右下角为顶点、二段管廊底部为一边、二段管廊右下角到初始位置时固定板的中心点A连线为另一边所成的角的大小;

利用如下公式计算二段管廊的竖直位移 y_3 :

$$y_3 = (L - a) \tan \theta + R [\sin(\phi + \tau) - \sin \phi] + (y - b)。$$

管廊沉降检测系统及检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及自动化检测技术领域,具体涉及一种管廊沉降检测系统及检测方法。

背景技术

[0002] 随着城市发展,管廊已成为城市不可缺少的基础设施,管廊沉降检测对管廊的安全运行有着重要意义,同时检测数据能够直接用来评价管廊对地表环境的影响。管廊一般建在人口密集、建筑设施密布的城市中,管廊运营时不可避免地会产生对岩土体的扰动,并引起洞室周围地表发生位移和变形,当位移和变形超过一定的限度时,势必危及周围地面建筑设施和管廊自身的安全。因此,管廊沉降检测可有效监控此类问题,一旦沉降超过一定限度,可及时发出报警并及时处理,避免沉降造成的相关事故。

[0003] 现有的管廊沉降检测主要在工程建设期间,采用人工测量的方法,监测仪器使用数字水准仪,通过设置高程控制网。通过人工检测水准基点与工作基点的联测,采用一等水准观测,施工初期一个月复测一次,三个月以后每三个月观测一次。遇到跨雨季等特殊情况增加观测次数,以判定工作基点的稳定性。工作基点均位于沉降影响范围外的已稳定的永久性建筑物上。

[0004] 在实现本发明实施例的过程中,发明人发现现有技术中至少存在如下问题:人工测量效率低,大多只能在施工期间测量;管廊运营期间不再测量,只有管廊出现严重沉降,并对周围的建筑物和地面造成影响时,才会再次人工测量管廊沉降情况,不能实现管廊沉降的实时检测和预知预判。

发明内容

[0005] 鉴于上述问题,提出了本发明以便提供一种克服上述问题或者至少部分地解决上述问题的管廊沉降检测系统和相应的管廊沉降检测方法。

[0006] 根据本发明的一个方面,提供了一种管廊沉降检测系统,包括:

[0007] 十字型吊架,通过万向节悬挂安装在一段管廊的顶板上;十字型吊架的水平横梁的一端设置有螺旋配重;十字型吊架的水平横梁上安装有气泡水平仪;

[0008] 三台激光测距仪,第一激光测距仪和第二激光测距仪安装在十字型吊架的竖直梁的下端,位于一段管廊内部;第三激光测距仪安装在十字型吊架的水平横梁的另一端,位于二段管廊内部;及漫反射板,由固定板和活动板组成;其中,固定板安装在二段管廊的侧壁上,与水平方向成预设角度;活动板与固定板通过轴进行连接,且始终处于竖直向下的状态。

[0009] 根据本发明的另一方面,提供了一种管廊沉降检测方法,包括:

[0010] 预先获取第一激光测距仪到固定板的第一初始水平距离 a_1 、第二激光测距仪到活动板的第二初始水平距离 a_2 、第三激光测距仪到固定板的初始竖直距离 b 作为初始参数;其中, $a_1 = a_2 = a$;

[0011] 测量第一激光测距仪到漫反射固定板的实际水平距离 x 、第三激光测距仪到固定

板的实际竖直距离 y ;

[0012] 将 x 与 a 进行比较,将 y 与 b 进行比较;

[0013] 若 $x=a$ 且 $y=b$,则检测到二段管廊没有发生沉降;

[0014] 若 $x \neq a$ 且 $y \neq b$,则计算二段管廊固定板与水平方向的夹角 θ ;将夹角 θ 与预设角度进行比较;若夹角 θ 等于预设角度,则检测到二段管廊仅在竖直方向发生沉降;若夹角 θ 小于预设角度,则检测到二段管廊发生左侧倾斜;若夹角 θ 大于预设角度,则检测到二段管廊发生右侧倾斜。

[0015] 根据本发明的管廊沉降检测系统及检测方法,可以实现自动对管廊的倾斜角度、水平方向位移和/或竖直方向位移进行检测,由此解决了现有技术中人工测量效率低且测量时期受限的问题,取得了对管廊沉降情况的实时检测和预知预判的有益效果。

[0016] 上述说明仅是本发明技术方案的概述,为了能够更清楚了解本发明的技术手段,可依照说明书的内容予以实施,并且为了让本发明的上述和其它目的、特征和优点能够更明显易懂,以下特举本发明的具体实施方式。

附图说明

[0017] 通过阅读下文优选实施方式的详细描述,各种其他的优点和益处对于本领域普通技术人员将变得清楚明了。附图仅用于示出优选实施方式的目的,而并不认为是对本发明的限制。而且在整个附图中,用相同的参考符号表示相同的部件。在附图中:

[0018] 图1示出了根据本发明一个实施例的管廊沉降检测系统的截面结构示意图;

[0019] 图2示出了根据本发明一个实施例的管廊沉降检测方法的流程图;

[0020] 图3示出了根据本发明一个实施例的管廊仅在竖直方向发生沉降的截面结构示意图;

[0021] 图4示出了根据本发明一个实施例的管廊发生左侧倾斜沉降的检测方法的流程图;

[0022] 图5a示出了本发明的二段管廊发生左侧倾斜沉降的截面结构示意图;

[0023] 图5b示出了本发明的二段管廊发生左侧倾斜的截面结构示意图;

[0024] 图5c示出了本发明的二段管廊发生左侧倾斜后竖直沉降的截面结构示意图;

[0025] 图5d示出了本发明的二段管廊发生左侧倾斜和竖直沉降后水平移动的截面结构示意图;

[0026] 图6示出了根据本发明一个实施例的管廊发生右侧倾斜沉降的检测方法的流程图;

[0027] 图7a示出了本发明的二段管廊发生右侧倾斜沉降的截面结构示意图;

[0028] 图7b示出了本发明的二段管廊发生右侧倾斜的截面结构示意图;

[0029] 图7c示出了本发明的二段管廊发生右侧倾斜后水平移动的截面结构示意图;

[0030] 图7d示出了本发明的二段管廊发生右侧倾斜沉降后固定板位于初始位置上方的截面结构示意图。

[0031] 图7e示出了本发明的二段管廊发生右侧倾斜沉降后固定板位于初始位置下方的截面结构示意图。

[0032] 1为第一激光测距仪;2为第二激光测距仪;3为第三激光测距仪;4为十字型吊架的

水平横梁;5为十字型吊架的竖直梁;6为螺旋配重;7为气泡水平仪;8为万向节;9为固定板原始位;10为活动板原始位;11为二段管廊只有竖直方向垂直沉降情况下,固定板的位置;12为二段管廊只有竖直方向垂直沉降情况下,活动板的位置;13为二段管廊向左倾斜且在垂直和水平向左方向均有位移情况下,固定板的位置;14为二段管廊向左倾斜且在垂直和水平向左方向均有位移情况下,活动板的位置;15为二段管廊向左倾斜沉降情况下,研究二段管廊只有左倾旋转时,因左倾旋转后的固定板的位置;16为二段管廊向左倾斜沉降情况下,研究二段管廊只有左倾旋转时,因左倾旋转后的活动板的位置;17为二段管廊向左倾斜沉降情况下,研究二段管廊的左倾旋转并只垂直下沉时,固定板的位置;18为二段管廊向左倾斜沉降情况下,研究二段管廊的左倾旋转并只垂直下沉时,活动板的位置;19为二段管廊向右倾斜沉降情况下,研究二段管廊只有右倾旋转时,因右倾旋转后的固定板的位置;20为二段管廊向右倾斜沉降情况下,研究二段管廊只有右倾旋转时,因右倾旋转后的活动板的位置;21为二段管廊向右倾斜沉降情况下,研究二段管廊的右倾旋转并水平向右时,固定板的位置;22为二段管廊向右倾斜沉降情况下,研究二段管廊的右倾旋转并水平向右时,活动板的位置;23为二段管廊向右倾斜,在垂直和水平向右方向均有位移,且固定板竖直方向位置位于初始位置之上时情况下,固定板的位置;24为二段管廊向右倾斜,在垂直和水平向右方向均有位移,且固定板竖直方向位置位于初始位置之上时情况下,活动板的位置;25为二段管廊向右倾斜,在垂直和水平向右方向均有位移,且固定板竖直方向位置位于初始位置之下时情况下,固定板的位置;26为二段管廊向右倾斜,在垂直和水平向右方向均有位移,且固定板竖直方向位置位于初始位置之下时情况下,活动板的位置;27为固定板;28为活动板;29为漫反射板的固定板和活动板连接轴;30为固定板和活动板的连接点;101为第一激光测距仪的光线、102为第二激光测距仪的光线、103为第三激光测距仪的光线。

具体实施方式

[0033] 下面将参照附图更详细地描述本公开的示例性实施例。虽然附图中显示了本公开的示例性实施例,然而应当理解,可以以各种形式实现本公开而不应被这里阐述的实施例所限制。相反,提供这些实施例是为了能够更透彻地理解本公开,并且能够将本公开的范围完整的传达给本领域的技术人员。

[0034] 为方便描述,在下述多个实施例中,将实际中的左侧管廊称为一段管廊,右侧管廊称为二段管廊,漫反射板的固定部分称为固定板,漫反射板的活动部分称为活动板。

[0035] 图1示出了根据本发明一个实施例的管廊沉降检测系统的截面结构示意图。图1所示的管廊沉降检测系统包括十字型吊架、三台激光测距仪以及漫反射板,用于对管廊的倾斜角度、水平方向位移和/或竖直方向位移进行检测。

[0036] 在本实施例中,将十字型吊架悬挂安装在一段管廊的顶板上,但在实际安装本实施例提供的管廊沉降检测系统时,一段管廊和二段管廊没有区别,即图1中的十字型吊架悬挂安装在一段管廊或二段管廊均可。

[0037] 十字型吊架,通过万向节悬挂安装在一段管廊的顶板上;十字型吊架的水平横梁的一端设置有螺旋配重;十字型吊架的水平横梁上安装有气泡水平仪。

[0038] 图1中,十字型吊架通过万向节8悬挂安装在一段管廊的顶板上;十字型吊架的水平横梁4与十字型吊架的竖直梁5之间成直角,其中,十字型吊架的竖直梁5位于一段管廊的

内部,且在十字型吊架的竖直梁5上安装有两台水平激光测距仪,用于测量水平距离;十字型吊架的水平横梁4的一部分在一段管廊内部,一部分在一段管廊与二段管廊之间的空隙处,剩余部分在二段管廊内部,即十字型吊架的水平横梁4穿过了一段管廊和二段管廊的侧壁,在十字型吊架的水平横梁4位于一段管廊内部的一端安装有螺旋配重6,在十字型吊架的水平横梁4位于万向节8下方的位置安装有气泡水平仪7,用于衡量十字型吊架的水平横梁4是否处于水平位置,若否,则需要通过螺旋配重6来调节使十字型吊架的水平横梁4始终处于水平位置,在十字型吊架的水平横梁4位于二段管廊内部的一端安装有一台竖直激光测距仪,用于测量竖直距离。

[0039] 三台激光测距仪,第一激光测距仪和第二激光测距仪安装在十字型吊架的竖直梁的下端,位于一段管廊内部;第三激光测距仪安装在十字型吊架的水平横梁的另一端,位于二段管廊内部。

[0040] 三台激光测距仪中有两台是安装在十字型吊架的竖直梁5下端的水平激光测距仪,分别为第一激光测距仪1和第二激光测距仪2,第一激光测距仪1位于第二激光测距仪2的上方;另外一台是安装在十字型吊架的水平横梁4位于二段管廊内部部分的一端的竖直激光测距仪,即图中的第三激光测距仪3。

[0041] 漫反射板,由固定板和活动板组成;其中,固定板安装在二段管廊的侧壁上,与水平方向成预设角度,优选地,预设角度为图1中所示的45度;活动板与固定板通过轴进行连接,且始终处于竖直向下的状态。

[0042] 漫反射板,由固定板和活动板组成,图1中,固定板的初始位置为位置9,活动板的初始位置为位置10;其中,固定板安装在二段管廊的侧壁上,与水平方向成预设角度,图1中的预设角度值为45度,实际上预设角度不是唯一的,也可为其他角度;活动板与固定板通过轴进行连接,且始终使活动板处于竖直向下的状态,因此,活动板的水平距离的变化即可用来衡量二段管廊的水平位移的多少。

[0043] 在确定好本系统的结构后,就会存在一个与该系统对应的各个量的初始参数,具体地,初始参数包括:水平方向第一激光测距仪至固定板的初始测量距离 a_1 ,记为第一初始水平距离 a_1 ;第二激光测距仪至活动板的初始测量距离 a_2 ,记为第二初始水平距离 a_2 ,其中, $a_1 = a_2 = a$;竖直方向第三激光测距仪至固定板的初始测量距离 b ,记为初始竖直距离 b ;二段管廊左下角0点与固定板的中心点A的距离 $|AO| = r$;AO与管廊底部的夹角 $\angle AOP = \omega$;二段管廊右下角0'点与固定板的中心点A的距离 $|AO'| = R$,AO'与管廊底部的夹角 $\angle AO'P = \phi$ 。

[0044] 根据本实施例提供的管廊沉降检测系统,当二段管廊发生沉降时,第一激光测距仪、第二激光测距仪或第三激光测距仪就会测得一组对应的实时距离值;将实时距离值传送给计算机,由计算机根据实时距离值和安装系统确定的初始参数值判断出管廊的沉降类型,如管廊仅在竖直方向沉降、管廊发生左侧倾斜沉降或管廊发生右侧倾斜沉降;并利用不同沉降类型的对应算法对管廊的倾斜角度、水平方向位移和/或竖直方向位移进行计算。采用本实施例提供的管廊沉降检测系统,可以利用激光测距仪的高分辨率(精度最高可达0.5um)检测管廊微小沉降和轻微的倾斜,而不需要人工去测量;实现通过激光测距仪将检测到的水平和竖直方向位移转变为电信号上传至计算机系统,由计算机系统对检测到的水平和竖直方向的位移量进行计算处理得到管廊的倾斜角度、水平方向位移和竖直方向的位移,这样就可以实时监控管廊的沉降、水平移动和倾斜状况。

[0045] 作为本发明的一个优选的实施例,在图1所示的管廊沉降检测系统的结构基础上,对该系统进行进一步优化,具体包括:

[0046] 优选地,十字型吊架由刚性材料制作而成。

[0047] 十字型吊架由刚性材料制作而成,不易变形,这样可以使十字型吊架的水平横梁和十字型吊架的竖直梁不发生弯曲,保持直线状态,从而保证安装在十字型吊架上的结构如螺旋配重、激光测距仪等的位置不发生改变。

[0048] 优选地,螺旋配重为可调螺旋配重,用于调节使十字型吊架的水平横梁保持在水平状态。

[0049] 螺旋配重本身即可用于使十字型吊架的水平横梁在初始状态时保持水平,但是检测系统在使用时间较长之后,由于环境等因素的长期影响,会使十字型吊架的水平横梁不再处于水平状态,这样情况下就可以通过可调螺旋配重来使水平横梁保持平衡,进而能够不影响系统测量的准确度。在本发明提供的管廊沉降检测系统中可通过气泡水平仪来检测到是否处于水平状态。

[0050] 优选地,第一激光测距仪用于测量第一激光测距仪到固定板的水平距离;第二激光测距仪用于测量第二激光测距仪到活动板的水平距离;第三激光测距仪用于测量第三激光测距仪到固定板的竖直距离;第一激光测距仪和第三激光测距仪的光线始终照射到固定板上;第二激光测距仪的光线始终照射到活动板上。

[0051] 在安装三台激光测距仪的时候,要依据管廊沉降的实际情况和历史数据,对管廊可能发生的沉降状态和沉降范围进行预估,并且结合固定板和活动板的长度及宽度值,这样才能确定三台激光测距仪的最佳安装位置;当三台激光测距仪均安装在最佳位置时,如果管廊发生沉降,三台激光测距仪的光线才不会偏离固定板或活动板的范围,避免了管廊沉降范围较大时激光测距仪无法测得实时数据的情况,因此才能保证第一激光测距仪的光线始终照射到固定板上并用于测量第一激光测距仪到固定板的水平距离,第二激光测距仪的光线始终照射到活动板上并用于测量第二激光测距仪到活动板的水平距离,第三激光测距仪的光线始终照射到固定板上并用于测量第三激光测距仪到固定板的竖直距离。

[0052] 优选地,第一激光测距仪和第二激光测距仪的光线始终保持在水平状态,第三激光测距仪的光线始终保持竖直状态。

[0053] 具体地,三台激光测距仪应该固定在十字型吊架的水平横梁或竖直梁的特定位置,而不能发生位移及角度的变化;由于十字型吊架是通过万向节悬挂安装的,因此能够保证无论一段管廊的状态如何变化,十字型吊架的水平横梁处于水平状态,竖直梁处于竖直状态,如果三台激光测距仪固定在十字形吊架上,且初始状态是水平或竖直的,那么第一激光测距仪和第二激光测距仪的光线就会始终保持在水平状态,第三激光测距仪的光线始终会保持竖直状态;激光测距仪在十字型吊架上的位置固定,才能实现检测系统测量准确性,不会因光线的偏移而造成测量数据的误差,才能保证本测量系统在水平和竖直方向的基准不变。

[0054] 优选地,初始状态下第一激光测距仪和第三激光测距仪的光线照射到固定板和活动板连接轴的位置上;活动板与固定板的连接轴位于固定板的中间部位。

[0055] 为了便于分析,使固定板和活动板的位移变化有一个统一的参照标准,在本实施例中,将固定板与活动板作为位移变化的参照;初始状态下的第一激光测距仪和第三激光

测距仪的光线照射到连接轴上,而且活动板又是竖直向下的状态,所以在二段管廊发生沉降后,固定板的水平或竖直位移都是相对于初始状态时连接轴所在的位置的变化,活动板的水平位移也是相对于初始状态时连接轴所在的位置的变化。

[0056] 根据本实施例提供的管廊沉降检测系统,利用初始参数值和系统实时检测的第一激光测距仪到固定板的距离、第二激光测距仪到活动板的距离及第三激光测距仪到固定板的距离的数据来得到管廊的倾斜角度、水平方向位移和竖直方向的位移,这样就能够将现代激光位移检测技术和计算机的强大运算能力相结合,实现自动对管廊的倾斜角度、水平方向位移和/或竖直方向位移进行测量,由此解决了现有技术中人工测量效率低且测量时期受限的问题。并且可以通过对计算机长期的管廊相对位移和倾角的实时检测和历史数据的积累分析,判断管廊沉降状态,及时采取措施避免因运营中管廊沉降引起的重大安全事故,取得了管廊沉降情况的实时检测和预知预判的有益效果。

[0057] 图2示出了根据本发明一个实施例的管廊沉降检测方法的流程图。如图2所示,本方法包括以下步骤:

[0058] 步骤S201,预先获取第一激光测距仪到固定板的第一初始水平距离 a_1 、第二激光测距仪到活动板的第二初始水平距离 a_2 、第三激光测距仪到固定板的初始竖直距离 b 作为初始参数;其中, $a_1=a_2=a$ 。

[0059] 初始参数具体包括确定好系统的结构后,与该系统对应的各个量的初始参数。具体地,将上述各个初始参数都预先存储在计算机中,后期通过实时测得的值以及获取的初始参数对管廊的沉降情况进行判断和对管廊的沉降值进行计算。

[0060] 步骤S202,测量第一激光测距仪到固定板的实际水平距离 x 、第三激光测距仪到固定板的实际竖直距离 y 。

[0061] 在实时检测过程中,测得的量具体有:第一激光测距仪到固定板的实际水平距离 x 、第二激光测距仪到活动板的实际水平距离 L 以及第三激光测距仪到固定板的实际竖直距离 y 。

[0062] 将上述测得的量值传送给计算机,由计算机通过一定的算法进行比较和计算。

[0063] 步骤S203,将 x 与 a 进行比较,将 y 与 b 进行比较。

[0064] 步骤S204,若 $x=a$ 且 $y=b$,则检测到二段管廊没有发生沉降。

[0065] 如果实际水平距离与第一初始水平距离相等,并且实际竖直距离与第一初始竖直距离相等,则说明管廊在水平方向和竖直方向的位移均为0,即没有发生沉降。

[0066] 步骤S205,若 $x \neq a$ 且 $y \neq b$,则计算固定板与水平方向的夹角 θ ;将夹角 θ 与预设角度进行比较。

[0067] 只要管廊发生沉降和/或倾斜,那么实际水平距离 x 和实际竖直距离 y 与初始水平距离 a 和初始竖直距离肯定是不同的,而不存在 $x=a$ 或 $y=b$ 的情况。如果 $x \neq a$ 且 $y \neq b$,就计算固定板的实际位置与水平方向的夹角,并通过比较该夹角与预设角度的大小来确定管廊的沉降情况。

[0068] 具体地,由三角函数关系,可计算固定板与水平方向的夹角 θ ,计算公式为:

[0069] $\theta = \arctan[(y-b)/(a-x)]$ (公式2-1)

[0070] 步骤S206,若夹角 θ 等于预设角度,则检测到二段管廊仅在竖直方向发生沉降。

[0071] 具体地,如果固定板的实际位置与水平方向的夹角 θ 等于预设角度 β ,就说明二段

管廊是没有发生倾斜的,而实际情况中一般都是倾斜引起二段管廊在水平方向产生位移,也就是说不会单独出现二段管廊只在水平方向发生位移或者二段管廊没有倾斜就在水平和竖直方向发生位移的情况。因此,当夹角 θ 等于预设角度 β 时,二段管廊仅在竖直方向发生沉降。

[0072] 步骤S207,若夹角 θ 小于预设角度,则检测到二段管廊发生左侧倾斜。

[0073] 如果固定板的实际位置与水平方向的夹角 θ 小于预设角度 β ,就说明二段管廊发生了倾斜,而且倾斜方向朝减小预设角度的方向,即二段管廊发生左侧倾斜。

[0074] 步骤S208,若夹角 θ 大于预设角度,则检测到二段管廊发生右侧倾斜。

[0075] 如果固定板的实际位置与水平方向的夹角 θ 大于预设角度 β ,就说明二段管廊发生了倾斜,而且倾斜方向朝增大预设角度的方向,即二段管廊发生右侧倾斜。

[0076] 根据本实施例提供的管廊沉降检测方法,预先获取检测系统的初始参数,测量实际水平距离和竖直距离;通过将初始参数和实际距离值进行比较,初步判断出管廊是否发生沉降;计算固定板与水平方向的夹角 θ ,并比较该夹角与预设角度的大小,进一步分析出管廊的具体沉降状态。本方法将现代激光位移检测技术和计算机的强大运算能力相结合,实现自动对管廊的沉降状态的判断,由此解决了现有技术中人工测量效率低且测量时期受限的问题,取得了对管廊沉降情况的实时检测和预知预判的有益效果。

[0077] 图3示出了根据本发明一个实施例的管廊仅在竖直方向发生沉降的截面结构示意图。图3所示的是检测到二段管廊仅在竖直方向发生沉降的情况,具体检测方法参见图2对应的方法。如图3所示,固定板从初始位置9沉降到位置11,固定板在第一激光测距仪的光线101上的水平位移为 h_1 ,固定板在第三激光测距仪的光线103上的竖直位移为 h_2 ,即固定板的中心点A随着固定板的沉降而下降的距离,活动板的位置竖直移动到位置12,二段管廊竖直方向沉降的高度 h 等于 h_2 。因此,二段管廊仅在竖直方向发生沉降时,根据初始竖直距离 b 和实际竖直距离 y 计算竖直方向的沉降位移的公式为:

[0078] $h=y-b$ (公式3-1)

[0079] 其中, y 为第三激光测距仪到固定板的实际竖直距离, b 为第三激光测距仪到固定板的初始竖直距离。

[0080] 根据本实施例提供的管廊沉降检测方法,在检测出二段管廊仅在竖直方向发生沉降的情况下,利用预先获取的初始参数和第三激光测距仪实时测得的距离计算出二段管廊竖直沉降的位移。本方法将现代激光位移检测技术和计算机的强大运算能力相结合,实现自动对管廊的竖直沉降位移进行计算,由此解决了现有技术中人工测量效率低且测量时期受限的问题,取得了对管廊沉降情况的实时检测和预知预判的有益效果。

[0081] 图4示出了根据本发明一个实施例的管廊发生左侧倾斜沉降的检测方法的流程图。如图4所示,本流程图是在检测到二段管廊发生左侧倾斜基础上(具体检测方法参见图2对应的方法),对二段管廊的左倾斜角、竖直位移和水平位移进行计算的方法流程。

[0082] 具体步骤如下:

[0083] 步骤S401,根据夹角 θ 计算二段管廊的左倾斜角 δ 。

[0084] 图5a示出了本发明的二段管廊发生左侧倾斜沉降的截面结构示意图。如图5a所示, a 为水平方向第一激光测距仪1至固定板的第一初始水平距离和/或第二激光测距仪2至活动板的第二初始水平距离,统称为初始水平距离; b 为竖直方向第三激光测距仪3至固定

板的初始竖直距离; x 为第一激光测距仪1检测到的距固定板的实际水平距离; x_1 为第一激光测距仪1检测到的二段管廊发生左侧倾斜沉降引起的固定板的水平方向位移差; y 为第三激光测距仪3检测到的距固定板的实际竖直距离; y_1 为第三激光测距仪3检测到的二段管廊发生左侧倾斜沉降引起的固定板的竖直方向的位移差; L 为第二激光测距仪2测得的第二激光测距仪2至活动板的实际水平距离; y_3 为二段管廊发生左侧倾斜沉降的竖直位移; x_4 为二段管廊发生左侧倾斜沉降的水平位移; θ 为二段管廊发生左侧倾斜沉降后固定板与水平方向的夹角; δ 为二段管廊的向左倾引起的旋转角度。

[0085] 图5a中,在二段管廊发生左侧倾斜沉降后,二段管廊由未沉降的二段管廊沉降到二段管廊的位置,固定板的位置由初始位置9移动到位置13,活动板由初始位置移动到位置14。

[0086] 具体地,二段管廊的左倾斜角 δ 为固定板与水平方向的夹角 θ 和预设角度 β 的差值。由图5a的距离关系可知, $x_1 = |AB|$, $y_1 = |AC|$,因此,可以得出 x_1 、 y_1 的计算公式为:

[0087]

$$\begin{cases} x_1 = a - x \\ y_1 = y - b \end{cases} \quad (\text{公式 4-1})$$

[0088] 根据图5a中的三角函数关系,可得左倾斜角 δ 的计算公式为:

[0089]

$$\begin{cases} \delta = \beta - \theta \\ \theta = \arctan(y_1/x_1) \end{cases} \quad (\text{公式 4-2})$$

[0090] 式中, β 为预设角度。

[0091] 作为本实施例的一种优选的实施方案,预设角度 β 为45度角:由于45度角对应的直角三角形的对边长等于邻边长,即正切函数值为1,因此便于判断和计算,所以一般情况下,选择预设角度 β 为45度。

[0092] 步骤S402,利用如下公式计算二段管廊的水平位移 x_4 :

$$[0093] \quad x_4 = a - L - r\sqrt{[2\sin(\delta/2)]^2 - [\sin(\omega + \delta) - \sin\omega]^2}$$

[0094] 其中, L 为第二激光测距仪到活动板的实际水平距离, r 为二段管廊左下角与初始位置时固定板的中心点A的距离, ω 是以二段管廊左下角为顶点、二段管廊底部为一边、二段管廊左下角到初始位置时固定板的中心点A连线为另一边所成的角的大小。

[0095] 图5b示出了本发明的二段管廊发生左侧倾斜的截面结构示意图。如图5b所示,二段管廊只发生左倾斜角 δ 的倾斜,而不发生水平和竖直方向的位移,将该种情况下二段管廊因发生左倾斜角 δ 的倾斜引起的固定板的水平位移记为第二水平位移 x_2 ,引起的固定板的竖直位移记为第二竖直位移 y_2 。

[0096] 图5b中,在二段管廊发生左倾斜角 δ 的倾斜后,二段管廊由未沉降的二段管廊移动到二段管廊的位置,固定板的位置由初始位置移动到位置15,活动板由初始位置移动到位置16。

[0097] 为计算方便,以二段管廊的左下角顶点O为圆心,O到固定板中心点A的距离 r 为半径作圆,并以O为圆心旋转 δ 角后,原A点到达A'点, $\angle AOA' = \delta$,其旋转半径 r 和 $\angle AOP = \omega$ 由安装时测量得到,其中,固定板位置15交第一激光测距仪的光线101于B',交第三激光测距

仪的光线103于C'，活动板位置16交第一激光测距仪的光线101于D'。

[0098] 1) 在圆心角 $\angle AOA'$ 所对应的 $\triangle AOA'$ 中,边长 $|AA'|$ 为:

$$[0099] \quad |AA'| = 2r \sin(\delta/2) \quad (\text{公式4-3})$$

[0100] 2) 如图5b, $AP \parallel A'P'$, 由 $\triangle AOP$ 和 $\triangle A'OP'$, 可得边长 $|A'D'|$ 为:

$$[0101] \quad |A'D'| = r[\sin(\omega + \delta) - \sin \omega] \quad (\text{公式4-4})$$

[0102] 3) 在 $\triangle A'D'B'$ 中, 可得边长 $|D'B'|$ 为:

$$[0103] \quad |D'B'| = r[\sin(\omega + \delta) - \sin \omega] / \tan \theta \quad (\text{公式4-5})$$

[0104] 4) 在 $\triangle A'D'A$ 中, 可得边长 $|AD'|$ 为:

[0105]

$$|AD'| = \sqrt{|A'A|^2 - |A'D'|^2} = \sqrt{[2r \sin(\delta/2)]^2 - r^2[\sin(\omega + \delta) - \sin \omega]^2} \quad (\text{公式4-6})$$

[0106] 整理得边长 $|AD'|$ 为:

[0107]

$$|AD'| = r\sqrt{[2 \sin(\delta/2)]^2 - [\sin(\omega + \delta) - \sin \omega]^2} \quad (\text{公式4-7})$$

[0108] 图5b中, 旋转引起的第二水平位移 x_2 为线段 AB' 的长度, 由三角关系 $|AB'| = |AD'| - |D'B'|$, 可推出由于旋转引起的第二水平位移 x_2 的计算公式为:

[0109]

$$x_2 = r\sqrt{[2 \sin(\delta/2)]^2 - [\sin(\omega + \delta) - \sin \omega]^2} - r[\sin(\omega + \delta) - \sin \omega] / \tan \theta \quad (\text{公式4-8})$$

[0110] 图5b中, 旋转引起的第二竖直位移 y_2 为线段 AC' 的长度, 由三角关系, 在 $\triangle AB'C'$ 中, $|AC'| = |AB'| \tan \theta$, 由此可得, 由于旋转引起的第二竖直位移 y_2 的计算公式为:

[0111]

$$y_2 = r(\tan \theta \sqrt{[2 \sin(\delta/2)]^2 - [\sin(\omega + \delta) - \sin \omega]^2} - [\sin(\omega + \delta) - \sin \omega]) \quad (\text{公式4-9})$$

[0112] 在二段管廊只倾斜 δ 角度, 而不发生水平和竖直方向的位移的情况下, 对于活动板, 因旋转引起的水平位移距离为 $|AD'|$ 。

[0113] 图5c示出了本发明的二段管廊发生左侧倾斜后竖直沉降的截面结构示意图。如图5c所示, 在图5b倾斜 δ 角度的基础上, 二段管廊发生竖直位移 y_3 , 固定板由图5b中的位置15移动到图5c的位置17, 活动板由图5b中的位置16移动到图5c的位置18, 由于是竖直沉降, 所以位置16和位置18在一条直线上。其中, 固定板交第一激光测距仪的光线101于E, 交第三激光测距仪的光线103于G, 直线 $B'C' \parallel EG$, 活动板交第一激光测距仪的光线101仍然于D'。

[0114] 二段管廊的竖直位移 y_3 , 即图中 $|C'G| = y_3$, 而由于二段管廊向下沉降竖直位移 y_3 引起的固定板在水平方向的位移为 x_3 , 记为第三水平位移 x_3 。

[0115] 如图5c所示, 第三水平位移 x_3 为 $|EB'|$, 由于 $|EB'| = |C'G| / \tan \theta$, 则第三水平位移 x_3 与竖直位移 y_3 的关系为:

$$[0116] \quad x_3 = y_3 / \tan \theta \quad (\text{公式4-10})$$

[0117] 在图5c所示的情况下, 二段管廊向下沉降竖直位移 y_3 不会引起活动板的水平方向的位移改变, 即第二激光测距仪2测得的到活动板的距离不变, 仍为二段管廊倾斜 δ 角度后测得的第二激光测距仪2到活动板的距离, 即 $|a - |AD'|$ 。

[0118] 图5d示出了本发明的二段管廊发生左侧倾斜和竖直沉降后水平移动的截面结构

示意图。图5d的管廊状态即实时检测到的管廊状态,第一激光测距仪1检测到的第一激光测距仪1到固定板的实际距离为 x ,第二激光测距仪2检测到的第二激光测距仪2到活动板的实际距离为 L ,第三激光测距仪3检测到的第三激光测距仪3到固定板的实际距离为 y ,在检测过程中,除了初始测量之外,只有上述三个量是已知的。如图5d所示,在图5c倾斜 δ 角度后向下沉降 y_3 的基础上,将二段管廊移动水平位移 x_4 ,固定板由图5c中的位置17移动到图5d的位置13,活动板由图5c中的位置18移动到图5d的位置14。其中,固定板交第一激光测距仪的光线101于B,交第三激光测距仪的光线103于C,直线 $EG \parallel BC$,活动板交第一激光测距仪的光线101于H。

[0119] 二段管廊移动水平位移 x_4 ,即图中 $|EB| = x_4$,由于二段管廊为水平移动,所以活动板的位移 $|D'H| = x_4$,而由于二段管廊水平移动水平位移 x_4 引起的固定板在竖直方向的位移为 y_4 ,记为第四竖直位移 y_4 。

[0120] 如图5d,根据初始参数提供的第一激光测距仪1到固定板的第一初始距离 a 和实时测得的第二激光测距仪2到活动板的距离 L 计算 $|AH|$ 为:

$$[0121] \quad |AH| = a - L \quad (\text{公式4-11})$$

[0122] 由图5d中的线段长度关系 $|HD'| = |AH| - |AD'|$,及公式4-7给出的求 $|AD'|$ 公式,可以得出水平位移 x_4 的计算公式为:

[0123]

$$x_4 = a - L - r \sqrt{[2 \sin(\delta/2)]^2 - [\sin(\omega + \delta) - \sin \omega]^2} \quad (\text{公式4-12})$$

[0124] 即二段管廊移动了水平位移 x_4 ,具体值可根据公式4-12得出。

[0125] 如图5d所示,第四竖直位移 y_4 为 $|CG|$,由于 $|CG| = |EB| * \tan \theta$,则第四竖直位移 y_4 与水平位移 x_4 的关系为:

$$[0126] \quad y_4 = x_4 * \tan \theta \quad (\text{公式4-13})$$

[0127] 由上述关系可得第四竖直位移 y_4 的计算公式为:

[0128]

$$y_4 = \left(a - L - r \sqrt{[2 \sin(\delta/2)]^2 - [\sin(\omega + \delta) - \sin \omega]^2} \right) \tan \theta \quad (\text{公式4-14})$$

[0129] 步骤S403,利用如下公式计算二段管廊的竖直位移 y_3 :

$$[0130] \quad y_3 = (L - a) \tan \theta + r [\sin(\omega + \delta) - \sin \omega] + (y - b)。$$

[0131] 具体地,由图5d所示的初始竖直距离 b 、实际竖直距离 y 、第二竖直位移 y_2 、竖直位移 y_3 和第四竖直位移 y_4 的线段长度的关系,可得上述五个量的关系为:

$$[0132] \quad y = b + y_2 + y_3 + y_4 \quad (\text{公式4-15})$$

[0133] 上述公式中初始竖直距离 b 和实时测得的第三激光测距仪到固定板的实际竖直距离 y 是已知的,第二竖直位移 y_2 和第四竖直位移 y_4 的计算可分别参照公式4-9和公式4-14,因此竖直位移 y_3 ,即实时的二段管廊竖直位移 y_3 的计算公式整理为:

$$[0134] \quad y_3 = (L - a) \tan \theta + r [\sin(\omega + \delta) - \sin \omega] + (y - b) \quad (\text{公式4-16})$$

[0135] 即二段管廊移动了竖直位移 y_3 ,具体值可根据公式4-16得出。

[0136] 根据本实施例提供的管廊沉降检测方法,在检测到管廊发生左侧倾斜的情况下,根据固定板与水平方向的夹角计算管廊的左倾斜角;根据左倾斜角及三角函数关系计算管廊在水平方向的第二水平位移,以及计算管廊在竖直方向的第二竖直位移;根据初始参数

和实时检测到的第二激光测距仪到活动板的距离计算管廊的水平位移和管廊在竖直方向上的第四竖直位移；根据初始竖直距离、实际竖直距离、第二竖直位移、竖直位移和第四竖直位移的线段长度关系计算管廊的竖直位移。本方法将现代激光位移检测技术和计算机的强大运算能力相结合，实现自动对管廊的左倾斜角、水平位移和竖直位移的计算，由此解决了现有技术中人工测量效率低且测量时期受限的问题，取得了对管廊沉降情况的实时检测和预知预判的有益效果。

[0137] 图6示出了本发明一个实施例的管廊沉降检测方法的流程图。图6所示的方法是在检测到二段管廊发生右侧倾斜基础上（具体检测方法参见图2对应的方法），对二段管廊的右倾斜角、竖直位移和水平位移进行计算的方法流程。

[0138] 具体步骤如下：

[0139] 步骤S601，根据夹角 θ 计算二段管廊的右倾斜角 τ 。

[0140] 图7a示出了本发明的二段管廊发生右侧倾斜沉降的截面结构示意图。图7a中， x_1 为第一激光测距仪1检测到的二段管廊发生右侧倾斜沉降引起的固定板的水平方向位移差； y_1 为第三激光测距仪3检测到的二段管廊发生右侧倾斜沉降引起的固定板的竖直方向的位移差； y_3 为二段管廊发生右侧倾斜沉降的竖直位移； x_4 为二段管廊发生右侧倾斜沉降的水平位移； θ 为二段管廊发生右侧倾斜沉降后固定板与水平方向的夹角； τ 为二段管廊的向右倾斜引起的旋转角度；另外，除上述标识外，图7a中的其他标识与图5a相同。

[0141] 图7a中，在二段管廊发生右侧倾斜沉降后，二段管廊由未沉降的二段管廊沉降到二段管廊的位置，固定板的位置由初始位置9移动到位置25，活动板由初始位置移动到位置26。

[0142] 具体地，二段管廊的右倾斜角 τ 的计算方法与左倾斜角 δ 的计算方法相同。图7a中， $x_1 = |AH|$ ， $y_1 = |AC|$ ，因此，可以得出 x_1 、 y_1 的计算公式为：

[0143]

$$\begin{cases} x_1 = a - x \\ y_1 = y - b \end{cases} \quad (\text{公式 6-1})$$

[0144] 根据图7a中的三角函数关系，可得右倾斜角 τ 的计算公式为：

[0145]

$$\begin{cases} \delta = \beta - \theta \\ \theta = \arctan(y_1/x_1) \end{cases} \quad (\text{公式 6-2})$$

[0146] 式中， β 为预设角度。

[0147] 步骤S602，利用如下公式计算二段管廊的水平位移 x_4 ：

$$[0148] \quad x_4 = L - a - R\sqrt{[2\sin(\tau/2)]^2 - [\sin(\phi + \tau) - \sin\phi]^2}$$

[0149] 其中， L 为第二激光测距仪到活动板的实际水平距离， R 为二段管廊右下角与初始位置时固定板的中心点A的距离， ϕ 是以二段管廊右下角为顶点、二段管廊底部为一边、二段管廊右下角到初始位置时固定板的中心点A连线为另一边所成的角的大小。

[0150] 图7b示出了本发明的二段管廊发生右侧倾斜的截面结构示意图。如图5b所示，二段管廊只发生右倾斜角 τ 的倾斜，而不发生水平和竖直方向的位移，将该种情况下二段管廊因发生右倾斜角 τ 的倾斜引起的固定板的水平位移记为第二水平位移 x_2 ，引起的固定板的

竖直位移记为第二竖直位移 y_2 。

[0151] 图7b中,在二段管廊发生右倾斜角 τ 的倾斜后,二段管廊由未沉降的二段管廊移动到二段管廊的位置,固定板的位置由初始位置移动到位置19,活动板由初始位置移动到位置20;漫反射板的中心点A在倾斜后移动到A'点,移动后的固定板交第一激光测距仪的光线101于B',交第三激光测距仪的光线103于C';移动后的活动板交第一激光测距仪的光线101于D';二段管廊右下角O'点与固定板的中心点A的距离 $|AO'|=R$,AO'与管廊底部的夹角 $\angle AO'P=\phi$ 以及初始水平距离a由安装时测量得到的初始参数提供。

[0152] 与图5b对应的得到由于二段管廊左侧倾斜 δ 引起的固定板的竖直位移和水平位移的方法同理,在此对于图7b得到由于二段管廊右倾斜角 τ 引起的固定板的第二水平位移 x_2 和第二竖直位移 y_2 的方法不再赘述,只给出最后计算公式。

[0153] 由右倾斜角 τ 引起的第二水平位移 x_2 的计算公式为:

[0154]

$$x_2 = R(\sqrt{[2\sin(\tau/2)]^2 - [\sin(\phi+\tau) - \sin\phi]^2} + [\sin(\phi+\tau) - \sin\phi] / \tan\theta) \quad (\text{公式 6-3})$$

[0155] 由右倾斜角 τ 引起的第二竖直位移 y_2 的计算公式为:

[0156]

$$y_2 = R(\tan\theta\sqrt{[2\sin(\tau/2)]^2 - [\sin(\phi+\tau) - \sin\phi]^2} + [\sin(\phi+\tau) - \sin\phi]) \quad (\text{公式 6-4})$$

[0157] 在二段管廊只倾斜 τ 角度,而不发生水平和竖直方向的位移的情况下,对于活动板,因旋转引起的水平位移距离为 $|AD'|$ 。

[0158] 图7c示出了本发明的二段管廊发生右侧倾斜后水平移动的截面结构示意图。如图7c所示,在图7b倾斜 τ 角度的基础上,二段管廊发生水平位移 x_4 ,固定板由图7b中的位置19移动到图7c的位置21,活动板由图7b中的位置20移动到图7c的位置22。其中,固定板交第一激光测距仪的光线101于E,交第三激光测距仪的光线103于G,直线B'C' // EG,活动板交第一激光测距仪的光线101仍然于I。

[0159] 二段管廊移动水平位移 x_4 ,即图中 $|EB'|=x_4$,由于二段管廊为水平移动,所以活动板的位移 $|D'I|=x_4$,而由于二段管廊水平移动水平位移 x_4 引起的固定板在竖直方向的位移为 y_4 ,记为第四竖直位移 y_4 。

[0160] 水平位移 x_4 的推算过程和由于水平位移 x_4 引起的固定板的第四竖直位移 y_4 的推算过程与图5d对应的方法同理,在此不再赘述,仅给出推算的结果。

[0161] 二段管廊的水平位移 x_4 的计算公式为:

[0162]

$$x_4 = L - a - R\sqrt{[2\sin(\tau/2)]^2 - [\sin(\phi+\tau) - \sin\phi]^2} \quad (\text{公式 6-5})$$

[0163] 由于水平位移 x_4 引起的固定板的第四竖直位移 y_4 的计算公式为:

[0164]

$$y_4 = (L - a - R\sqrt{[2\sin(\tau/2)]^2 - [\sin(\phi+\tau) - \sin\phi]^2}) \tan\theta \quad (\text{公式 6-6})$$

[0165] 步骤S603,利用如下公式计算二段管廊的竖直位移 y_3 :

$$[0166] \quad y_3 = (L - a) \tan\theta + R[\sin(\phi+\tau) - \sin\phi] + (y - b)。$$

[0167] 因二段管廊的右倾斜会使固定板整体上移,而二段管廊在右倾斜的基础上发生竖

直方向的位移变化又会引起固定板整体向下移动,因此,应将检测到的二段管廊发生右侧倾斜的状态分为两种情况来分析。第一种情况是二段管廊发生右侧倾斜沉降后,固定板位于初始位置上方,即固定板与第三激光测距仪的光线的交点在初始位置时固定板与第三激光测距仪的光线的交点上方;另一种情况是二段管廊发生右侧倾斜沉降后,固定板位于初始位置下方,即固定板与第三激光测距仪的光线的交点在初始位置时固定板与第三激光测距仪的光线的交点下方。

[0168] 图7d示出了本发明的二段管廊发生右侧倾斜沉降后固定板位于初始位置上方的截面结构示意图。图7d所示的是二段管廊在图7c所示的基础上,将二段管廊向下沉降竖直位移 y_3 后实时检测到的管廊状态。实时状态下,第一激光测距仪1检测到的第一激光测距仪1到固定板的实际距离为 x ,第二激光测距仪2检测到的第二激光测距仪2到活动板的实际距离为 L ,第三激光测距仪3检测到的第三激光测距仪3到固定板的实际距离为 y ,在检测过程中,除了初始测量之外,只有上述三个量是已知的。

[0169] 图7d中,固定板由图7c中的位置21移动到图7d的位置23,活动板由图7c中的位置22移动到图7d的位置24,由于是竖直移动,所以位置22和位置24在同一竖直线上。其中,固定板交第一激光测距仪的光线101于H,交第三激光测距仪的光线103于C,直线EG//HC。二段管廊移动竖直位移 y_3 ,即图中 $|GC|=y_3$,而由于二段管廊移动竖直位移 y_3 引起的固定板在水平方向的位移为 x_3 ,即图中 $|EH|=x_3$,记为第三水平位移 x_3 。

[0170] 由图中线段关系 $|AG|=|AC|+|CG|$ 整理得 $|CG|=|AG|-|AC|$,结合:

[0171]

$$\begin{cases} |AG|=y_2+y_4 \\ |AC|=y-b \end{cases} \quad (\text{公式6-7})$$

[0172] 得竖直位移 y_3 的计算公式为:

$$[0173] \quad y_3=(y_2+y_4)-(y-b) \quad (\text{公式6-8})$$

[0174] 根据初始参数提供的初始水平距离 a 、初始竖直距离 b 和 AO' 与管廊底部的夹角 ϕ ,实时测得的第二激光测距仪2到活动板的距离 L 和第三激光测距仪3到固定板的距离 y ,固定板与水平方向的夹角 θ 以及右倾斜角 τ 计算竖直位移 y_3 :

$$[0175] \quad y_3=(L-a)\tan\theta+R[\sin(\phi+\tau)-\sin\phi]+(y-b) \quad (\text{公式6-9})$$

[0176] 图7e示出了本发明的二段管廊发生右侧倾斜沉降后固定板位于初始位置下方的截面结构示意图。图7e与7d不同的地方在于,固定板由图7c中的位置21移动到图7d的位置25,活动板由图7c中的位置22移动到图7d的位置26,二段管廊竖直沉降竖直位移 y_3' ,除此之外,图7e与7d中的符号标识的意义相同。

[0177] 图7e中竖直位移 y_3' 的计算过程与图7d计算竖直位移 y_3 的过程类似,在此不再赘述,直接给出竖直位移 y_3' 的计算公式:

$$[0178] \quad y_3'=(L-a)\tan\theta+R[\sin(\phi+\tau)-\sin\phi]+(y-b) \quad (\text{公式6-10})$$

[0179] 由图7e和图7d对应的不同情况下二段管廊的竖直位移的计算公式可知,二段管廊在发生右侧倾斜沉降后,无论固定板是位于初始位置之上还是初始位置之下,二段管廊的竖直位移的计算公式都一样,因此可以将实时测量的数据传送给计算机,并且不需要计算机对固定板的位置进行判断就能利用同样的公式计算出二段管廊的竖直位移,并且在此统一记为竖直位移 y_3 。

[0180] 图7e和图7d对应的情况,二段管廊竖直沉降竖直位移 y_3 不会引起活动板水平方向的位置变化,即不会引起二段管廊的水平位移的改变。

[0181] 根据本实施例提供的管廊沉降检测方法,在检测到管廊发生右侧倾斜的情况下,根据固定板与水平方向的夹角计算管廊的右倾斜角;根据右倾斜角及三角函数关系计算管廊在水平方向的第二水平位移,以及计算管廊在竖直方向的第二竖直位移;根据初始参数和右倾斜角计算管廊的水平位移;根据初始参数和实时测量的值计算管廊的水平位移。本方法将现代激光位移检测技术和计算机的强大运算能力相结合,实现自动对管廊的右倾斜角、水平位移和竖直位移的计算,由此解决了现有技术中人工测量效率低且测量时期受限的问题,取得了对管廊沉降情况的实时检测和预知预判的有益效果。

[0182] 至此,本领域技术人员应认识到,虽然本文已详尽示出和描述了本发明的多个示例性实施例,但是,在不脱离本发明精神和范围的情况下,仍可根据发明公开的内容直接确定或推导出符合本发明原理的许多其他变型或修改。因此,本发明的范围应该被理解和认定为覆盖了所有这些其他变型或修改。

[0183] 本领域技术人员应当理解,本发明的实施方式可以实现为一种系统、装置、设备、方法或计算机程序产品。此外,本发明也不针对任何特定编程语言,应当明白,可以利用各种编程语言实现本发明描述的内容,并且上面对特定语言所做的描述是为了披露本发明的最佳实施方式。

[0184] 需要注意的是,尽管在上面的说明中详细描述了管廊沉降检测系统的若干模块,但是这种划分仅仅是示例性的,并非是强制性的。本领域的技术人员可以理解,实际上,可以对实施例中的模块进行自适应性地改变,将实施例中的多个模块组合成一个模块,也可将一个模块划分成多个模块。

[0185] 此外,尽管在附图中以特定顺序描述了本发明实施操作,但是,这并非要求或者暗示必须按照该特定顺序来执行这些操作,或是必须执行全部所示的操作才能实现期望的结果。可以省略某些步骤,将多个步骤合并为一个步骤执行,或者将一个步骤分成多个步骤执行。

[0186] 综上所述,应用本发明所述的管廊沉降检测系统及检测方法,当二段管廊发生沉降时,第一激光测距仪、第二激光测距仪或第三激光测距仪就会测得一组对应的实时距离值;将实时距离值传送给计算机,由计算机根据实时距离值和安装系统确定的初始参数值判断出管廊的沉降类型,如管廊仅在竖直方向沉降、管廊发生左侧倾斜沉降或管廊发生右侧倾斜沉降;并利用不同沉降类型的对应算法对管廊的倾斜角度、水平方向位移和/或竖直方向位移进行计算。采用本实施例提供的管廊沉降检测系统,可以利用激光测距仪的高分辨率(精度最高可达0.5um)检测管廊微小沉降和轻微的倾斜,而不需要人工去测量;实现通过激光测距仪将检测到的水平和竖直方向位移转变为电信号上传至计算机系统,由计算机系统对检测到的水平和竖直方向的位移量进行计算处理得到管廊的倾斜角度、水平方向位移和竖直方向的位移,这样就可以实时监控管廊的沉降、水平移动和倾斜状况。

[0187] 以上对本发明的方法和具体实施方法进行了详细的介绍,并给出了相应的实施例。当然,除上述实施例外,本发明还可以有其它实施方式,凡采用等同替换或等效变换形成的技术方案,均落在本发明所要保护的范围之内。

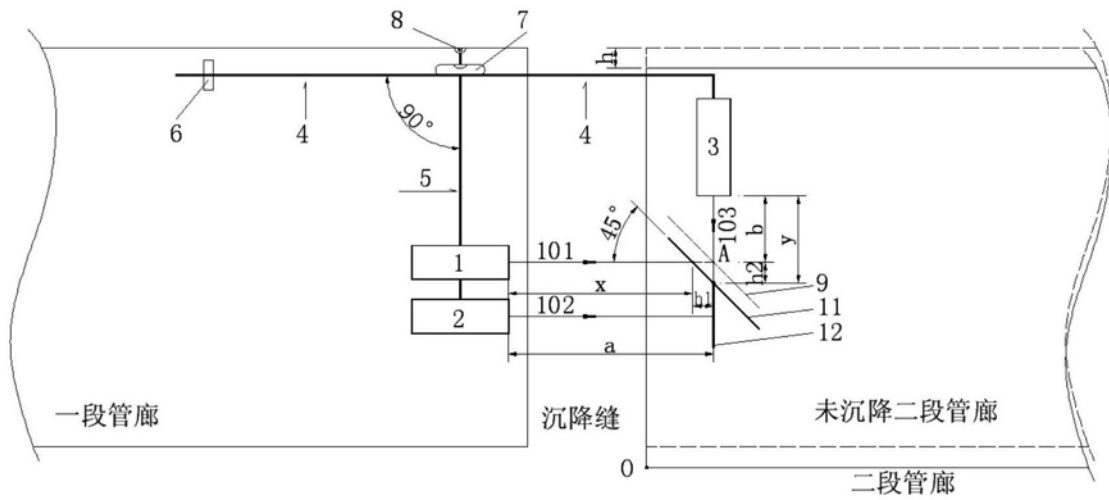


图3

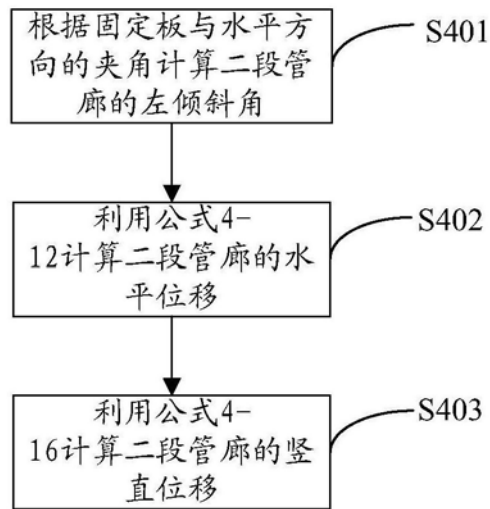


图4

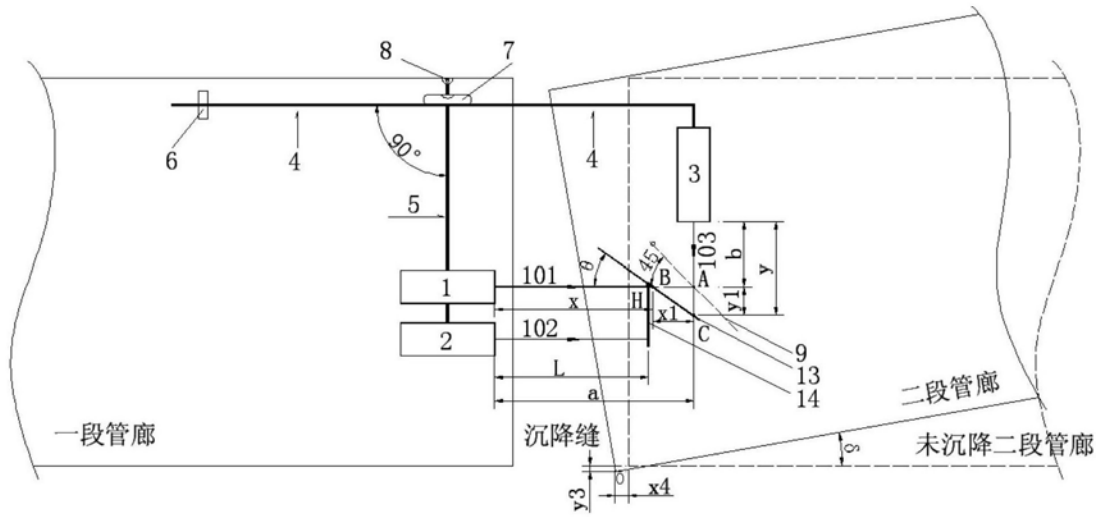


图5a

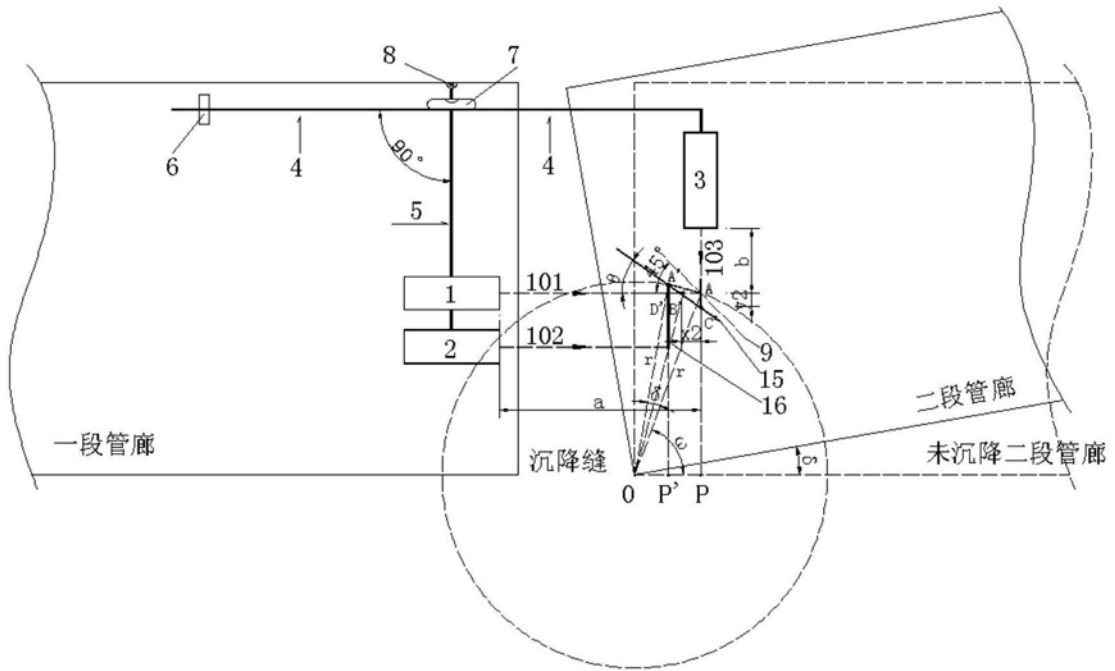


图5b

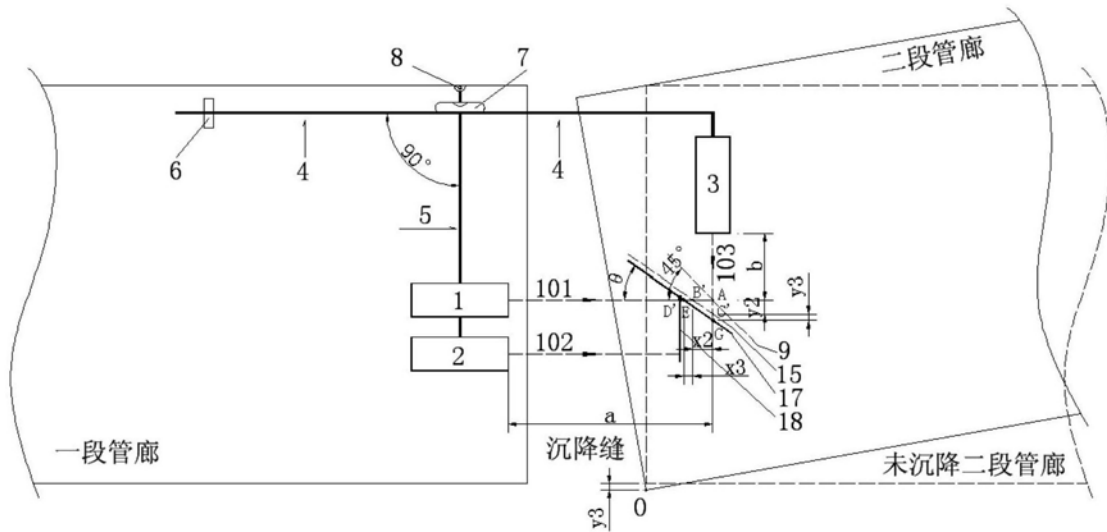


图5c

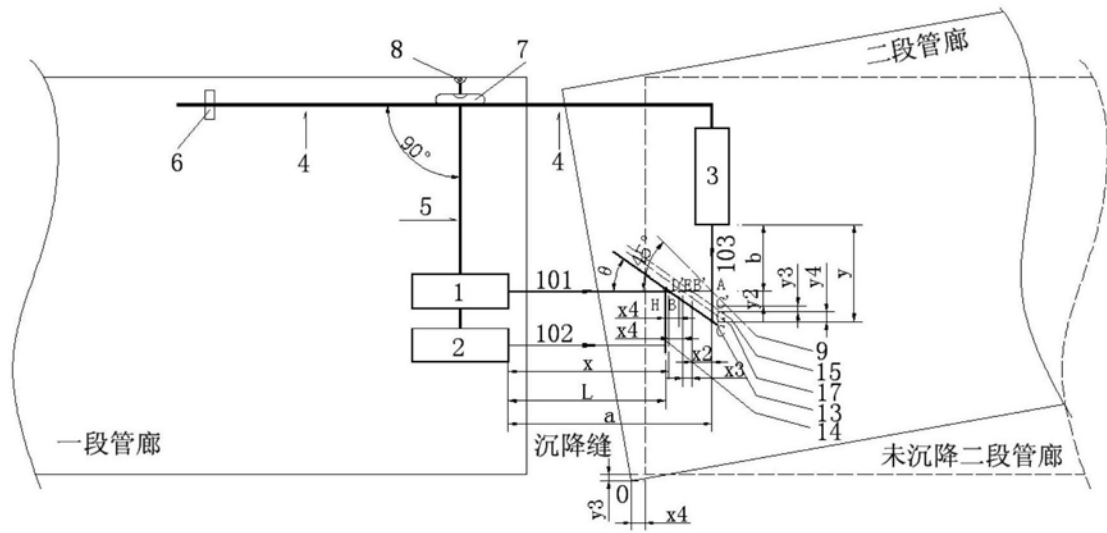


图5d

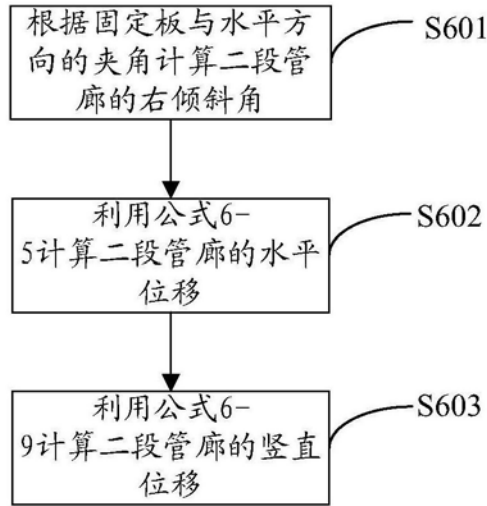


图6

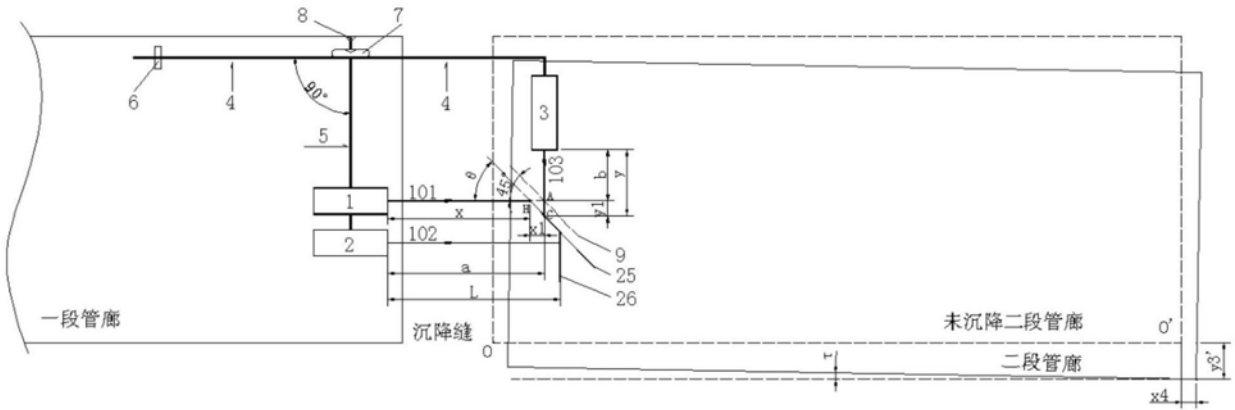


图7a

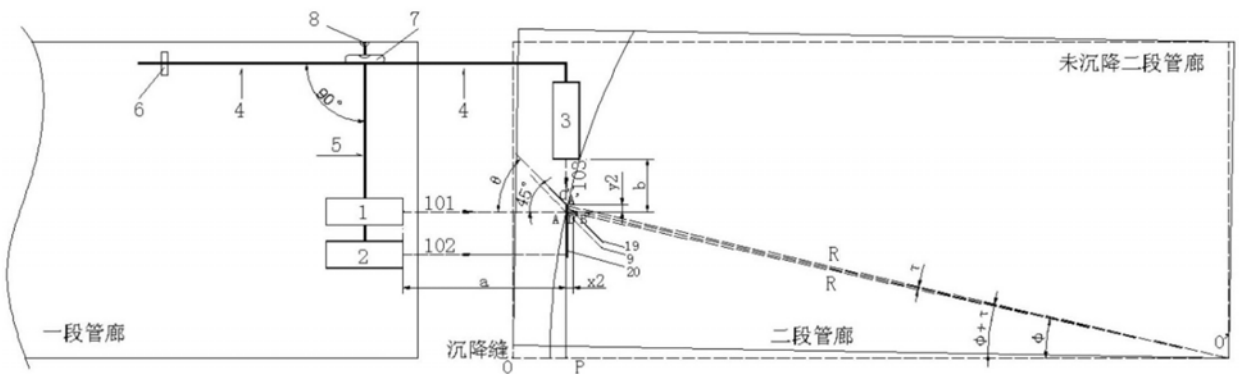


图7b

