



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109112937 A

(43)申请公布日 2019.01.01

(21)申请号 201811065782.1

(22)申请日 2018.09.13

(71)申请人 中国民航大学

地址 300300 天津市东丽区津北公路2898号

(72)发明人 齐麟 刘春梅 王强 孙荣来

(74)专利代理机构 天津一同创新知识产权代理
事务所(普通合伙) 12231

代理人 王丽

(51) Int. Cl.

E01C 23/01(2006.01)

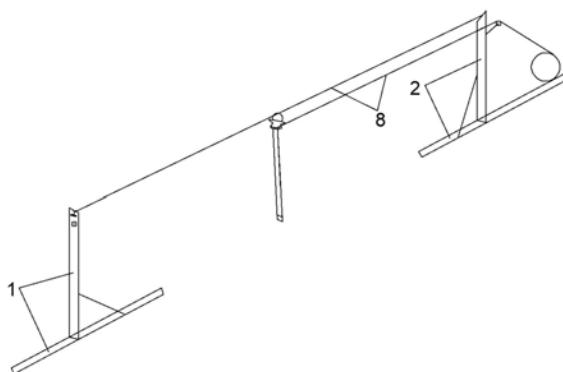
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

一种路面平整度精细化快速测量方法

(57)摘要

本发明公开了一种路面平整度精细化快速测量方法,包括以下步骤:(1)准备测量装置:包括计算机、与计算机无线连接的自动全站仪、第一支架、第二支架和靶标装置;(2)将待测直线路面连续划分为N个测量段,然后在每个测量段内设定由多个测量子段首尾依次相接组成的闭合测试路线;(3)前后依次对每一测量段的路面平整度按照闭合水准路线高程测试方法进行测量,并对该段的闭合水准路线高程测量结果进行误差分析;(4)将计算机采集的棱镜中点的三维坐标全部筛选出来,并对其高度坐标进行修正;(5)计算后一时刻实测地面相对与前一时刻测试地面的相对高程差 h_i ;采用本方法,可以实现判定路面平整度目的。



1. 一种路面平整度精细化快速测量方法,其特征在于包括以下步骤:

步骤一、准备测量装置:

所述的测量装置包括计算机、与计算机无线连接的自动全站仪、左右间隔设置且结构相同的第一支架、第二支架和安装在两个支架之间的靶标装置,并且所述的第一支架和第二支架均包括一个水平底板,沿竖直方向设置的垂直纵梁的底部与所述的水平底板中间部分螺纹连接,在所述的垂直纵梁的顶面中间开有一个凹槽,在靠近所述的凹槽的垂直纵梁上沿水平方向开有穿绳孔,在所述的穿绳孔上方的垂直纵梁上焊接有一个穿绳固定环,在所述的第二支架的垂直纵梁上通过支撑杆安装有改变方向用的滑轮,所述的滑轮的旋转轴线与穿绳孔的轴线高度相同,在所述的第二支架的水平底板上安装有电动马达;

所述的靶标装置包括棱镜杆,在所述的棱镜杆顶部通过螺纹连接有 360° 棱镜,在所述的棱镜杆中部安装有激光测距仪的集成控制器,并在底端安装有与集成控制器通过数据线相连的激光测距仪,所述的集成控制器接收计算机发出的数据读取指令,采集由激光测距仪的激光发射处到路面的距离,计算机同步采集自动全站仪输出的 360° 棱镜中点的三维坐标数据,在所述的棱镜的顶端固定有挂环;

步骤二、根据自动全站仪的最大测量范围将待测直线路面连续划分为N个测量段,前一测量段的终点为下一测量段的起点,然后在每个测量段内设定由多个测量子段首尾依次相接组成的闭合测试路线,每个测量段的多个测量子段中均包含从该测量段的起点直接指向该测量段的终点的直线形测量子段;

步骤三、前后依次对每一测量段的路面平整度按照闭合水准路线高程测试方法进行测量,在每个测量段路面平整度测试后,对该段的闭合水准路线高程测量结果进行误差分析;若该段高程测量误差结果在设定的误差范围内,则进行下一测量段路面平整度测量;否则重新调整自动全站仪对该段的路面按照闭合水准路线高程测试方法重新测量,直至满足设定的误差要求为止;

其中对每一测量段的路面平整度采用闭合水准路线高差测试方法的测量过程为:

(1a) 对每个测量段的各测量子段依次进行测量前,将所述的第一支架的水平底板内侧端点安放在第一个测量子段的测量起点且棱镜在第一个测量子段的测量起点正上方,第二支架位于所用全站仪的最大测量距离之内且第二支架的水平底板内侧端点安放在第一个测量子段的测量终点上;

(1b) 按照步骤(1a)将两个支架设置在设定位置后,对测量装置进行连接,连接方式为:

第一根绳索一端固定在第一支架的穿绳固定环上,将所述的第一根绳索另一端贴着第一支架凹槽底壁、穿过挂环、贴着第二支架凹槽底壁,最后第一绳索另一端固定在第二支架的穿绳固定环上;

将第二根绳索一端固定在电动马达转轴上并且另一端依次绕过第二支架上的滑轮、穿过第二支架上的穿绳孔,沿水平方向固定在 360° 棱镜和棱镜杆螺纹连接处;

(1c) 将自动全站仪架设在测试道路外侧任一位置上,自动全站仪通过发射的无线信号与计算机连接;

(1d) 开启电动马达,调节电动马达频率并始终以固定的频率拉绳,使 360° 棱镜沿第一个测量子段方向匀速前进;利用自动跟踪全站仪定位跟踪 360° 棱镜,计算机根据设定的采集数据时间间隔采集自动跟踪全站仪输出的棱镜中点的三维坐标,并且计算机同步获取激

光测距仪测得的该时刻由激光测距仪激光发射处到待测路面的距离 L_1 ,当 360° 棱镜到达该测量子段的测量终点时,停止电动马达和激光测距仪数据采集,所述的棱镜中点的三维坐标是在自动跟踪全站仪坐标体系下的坐标;

(1e) 按照步骤(1a)将第一支架放置在下一测量子段起点,将第二支架放置在下一测量子段终点,然后重复步骤(1d);

(1f) 重复步骤(1e)完成每个测量段的各测量子段的测量;

其中对每一测量段的测量结果进行误差分析的步骤如下:

(2a) 根据公式(1)求取 360° 棱镜沿每个测量段内设定的闭合测试路线运动过程中后一时刻对应的 360° 棱镜中点的高度坐标与前一时刻对应的 360° 棱镜中点的高度坐标的相对高程差值 f_{hi}

$$f_{hi} = Z_i - Z_{i-1} \quad (1)$$

式中 Z_i :第 i 时刻测得棱镜中点的三维坐标中的高度坐标值;

Z_{i-1} :第 $i-1$ 时刻测得棱镜中点的三维坐标中的高度坐标值;

(2b) 将该测试段中计算得到的所有相对高程差值累加,然后与对应具体工程高程测量要求的误差进行对比;

步骤四、将步骤三(1d)中每个测量段测试过程中,棱镜沿该段从起点直接指向终点的直线连线运动过程中计算机采集的棱镜中点的三维坐标全部筛选出来,然后将筛选出来的全部坐标采用闭合水准路线高差测试方法对三维坐标中的高度坐标进行修正,得到修正后棱镜中点的三维坐标;

步骤五、根据公式(2)计算后一时刻实测地面相对与前一时刻测试地面的相对高程差 h_i ,

$$h_i = (L_i - Z'_i) - (L_{i-1} - Z'_{i-1}) \quad (2)$$

式中 Z'_i :第 i 时刻修正后棱镜中点的三维坐标中的高度坐标值;

Z'_{i-1} :第 $i-1$ 时刻修正后棱镜中点的三维坐标中的高度坐标值;

L_i :对应第 i 时刻激光测距仪激光发射处到待测路面的距离;

L_{i-1} :对应第 $i-1$ 时刻激光测距仪激光发射处到待测路面的距离;

步骤六、根据计算的高程差 h_i 判定路面平整度。

2. 根据权利要求1所述的路面平整度精细化快速测量方法,其特征在于:一个斜撑结构的两端分别固定在垂直纵梁和水平底板上。

一种路面平整度精细化快速测量方法

技术领域

[0001] 本发明属于工程测量器具技术领域,特别涉及一种基于测量机器人精细化快速测量路面平整度的测量方法。

背景技术

[0002] 近些年来,随着我国经济的飞速发展,高速公路、机场等关乎民生的基础设施建设日新月异。而这些基础设施的路面平整度是表征路面表面的一个重要指标。路面的平整度直接影响了飞机在滑跑中的稳定性和舒适性。如果机场路面的平整度继续恶化,还会引起机件的磨损,严重时甚至危及飞行安全。由于机场的特殊性,在机场停航的短暂时间内需要高精度测出机场路面飞机起降轮印处对应的平整度,这是十分困难的,也是目前的一大难题。

[0003] 现有的对路面平整度的测量方法,例如三米直尺法、累积颠簸仪、激光断面仪等,无法精确快速测量路面的平整度,且其可检测的路面波长受到限制。但若采用水准仪或者GPS测量出路面的实际高程来反映路面的平整度,虽测量精度高,但相邻两测点距离较远,无法反映路面的真实情况;若相邻两测点距离很近,则其测量速度很慢,导致在机场路面测量时无法在停航短时间内测出其平整度。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服已有技术的缺点,提供一种精细化快速测量路面平整度的路面平整度精细化快速测量方法。

[0005] 本发明是通过以下技术方案实现:

[0006] 一种路面平整度精细化快速测量方法,包括以下步骤:

[0007] 步骤一、准备测量装置:

[0008] 所述的测量装置包括计算机、与计算机无线连接的自动全站仪、左右间隔设置且结构相同的第一支架、第二支架和安装在两个支架之间的靶标装置,并且所述的第一支架和第二支架均包括一个水平底板,沿垂直方向设置的垂直纵梁的底部与所述的水平底板中间部分螺纹连接,在所述的垂直纵梁的顶面中间开有一个凹槽,在靠近所述的凹槽的垂直纵梁上沿水平方向开有穿绳孔,在所述的穿绳孔上方的垂直纵梁上焊接有一个穿绳固定环,在所述的第二支架的垂直纵梁上通过支撑杆安装有改变方向用的滑轮,所述的滑轮的旋转轴线与穿绳孔的轴线高度相同,在所述的第二支架的水平底板上安装有电动马达;

[0009] 所述的靶标装置包括棱镜杆,在所述的棱镜杆顶部通过螺纹连接有 360° 棱镜,在所述的棱镜杆中部安装有激光测距仪的集成控制器,并在底端安装有与集成控制器通过数据线相连的激光测距仪,所述的集成控制器接收计算机发出的数据读取指令,采集由激光测距仪的激光发射处到路面的距离,计算机同步采集自动全站仪输出的 360° 棱镜中点的三维坐标数据,在所述的棱镜的顶端固定有挂环;

[0010] 步骤二、根据自动全站仪的最大测量范围将待测直线路面连续划分为N个测量段,

前一测量段的终点为下一测量段的起点,然后在每个测量段内设定由多个测量子段首尾依次相接组成的闭合测试路线,每个测量段的多个测量子段中均包含从该测量段的起点直接指向该测量段的终点的直线形测量子段;

[0011] 步骤三、前后依次对每一测量段的路面平整度按照闭合水准路线高程测试方法进行测量,在每个测量段路面平整度测试后,对该段的闭合水准路线高程测量结果进行误差分析;若该段高程测量误差结果在设定的误差范围内,则进行下一测量段路面平整度测量;否则重新调整自动全站仪对该段的路面按照闭合水准路线高程测试方法重新测量,直至满足设定的误差要求为止;

[0012] 其中对每一测量段的路面平整度采用闭合水准路线高差测试方法的测量过程为:

[0013] (1a) 对每个测量段的各测量子段依次进行测量前,将所述的第一支架的水平底板内侧端点安放在第一个测量子段的测量起点且棱镜在第一个测量子段的测量起点正上方,第二支架位于所用全站仪的最大测量距离之内且第二支架的水平底板内侧端点安放在第一个测量子段的测量终点上;

[0014] (1b) 按照步骤(1a)将两个支架设置在设定位置后,对测量装置进行连接,连接方式为:

[0015] 第一根绳索一端固定在第一支架的穿绳固定环上,将所述的第一根绳索另一端贴着第一支架凹槽底壁、穿过挂环、贴着第二支架凹槽底壁,最后第一绳索另一端固定在第二支架的穿绳固定环上;

[0016] 将第二根绳索一端固定在电动马达转轴上并且另一端依次绕过第二支架上的滑轮、穿过第二支架上的穿绳孔,沿水平方向固定在 360° 棱镜和棱镜杆螺纹连接处;

[0017] (1c) 将自动全站仪架设在测试道路外侧任一位置上,自动全站仪通过发射的无线信号与计算机连接;

[0018] (1d) 开启电动马达,调节电动马达频率并始终以固定的频率拉绳,使 360° 棱镜沿第一个测量子段方向匀速前进;利用自动跟踪全站仪定位跟踪 360° 棱镜,计算机根据设定的采集数据时间间隔采集自动跟踪全站仪输出的棱镜中点的三维坐标,并且计算机同步获取激光测距仪测得的该时刻由激光测距仪激光发射处到待测路面的距离 L_1 ,当 360° 棱镜到达该测量子段的测量终点时,停止电动马达和激光测距仪数据采集,所述的棱镜中点的三维坐标是在自动跟踪全站仪坐标体系下的坐标;

[0019] (1e) 按照步骤(1a)将第一支架放置在下一测量子段起点,将第二支架放置在下一测量子段终点,然后重复步骤(1d);

[0020] (1f) 重复步骤(1e)完成每个测量段的各测量子段的测量;

[0021] 其中对每一测量段的测量结果进行误差分析的步骤如下:

[0022] (2a) 根据公式(1)求取 360° 棱镜沿每个测量段内设定的闭合测试路线运动过程中后一时刻对应的 360° 棱镜中点的高度坐标与前一时刻对应的 360° 棱镜中点的高度坐标的相对高程差值 f_{hi}

[0023] $f_{hi} = Z_i - Z_{i-1}$ (1)

[0024] 式中 Z_i :第 i 时刻测得棱镜中点的三维坐标中的高度坐标值;

[0025] Z_{i-1} :第 $i-1$ 时刻测得棱镜中点的三维坐标中的高度坐标值;

[0026] (2b) 将该测试段中计算得到的所有相对高程差值累加,然后与对应具体工程高程

测量要求的误差进行对比；

[0027] 步骤四、将步骤三(1d)中每个测量段测试过程中，棱镜沿该段从起点直接指向终点的直线连线运动过程中计算机采集的棱镜中点的三维坐标全部筛选出来，然后将筛选出来的全部坐标采用闭合水准路线高差测试方法对三维坐标中的高度坐标进行修正，得到修正后棱镜中点的三维坐标；

[0028] 步骤五、根据公式(2)计算后一时刻实测地面相对与前一时刻测试地面的相对高程差 h_i ，

$$[0029] \quad h_i = (L_i - Z'_i) - (L_{i-1} - Z'_{i-1}) \quad (2)$$

[0030] 式中 Z'_i ：第 i 时刻修正后棱镜中点的三维坐标中的高度坐标值；

[0031] Z'_{i-1} ：第 $i-1$ 时刻修正后棱镜中点的三维坐标中的高度坐标值；

[0032] L_i ：对应第 i 时刻激光测距仪激光发射处到待测路面的距离；

[0033] L_{i-1} ：对应第 $i-1$ 时刻激光测距仪激光发射处到待测路面的距离；

[0034] 步骤六、根据计算的高程差 h_i 判定路面平整度。

[0035] 本发明的有益效果是：

[0036] 1、运用自身重力作用使得棱镜处于铅垂状态，无须传统的人工立杆调整棱镜的方式，既能够降低人员的劳动强度，又能提高测量的速度；

[0037] 2、通过调节电动马达的频率，可以使棱镜以不同的速度匀速前进，减少棱镜前进时加速度对测量精准度的影响；

[0038] 3、可以调节电动马达的频率及计算机软件采集数据的时间等，实现快速对长路面进行固定前进时间或距离所在点的高程精确测量，从而高精度地得到待测路面的起伏情况和平整度评定；

[0039] 4、其检测路面波长范围不受限制。

[0040] 5、具有结构简单、使用方便、测量精度高的优点。

[0041] 6、可以及时发现测量过程是否满足精度要求并减少误差，最终起到了减少了线路较长的路面平整度测量的累计误差。

附图说明

[0042] 图1是本发明的路面平整度精细化快速测量方法采用的支架结构示意图；

[0043] 图2是本发明的路面平整度精细化快速测量方法采用的靶标装置结构示意图；

[0044] 图3是本发明的路面平整度精细化快速测量方法采用的装置的结构示意图；

[0045] 图4是实施例待测路面连续划分两段的示意图；

[0046] 图5是实施例第一段待测路面的闭合测试路线及测试顺序的示意图；

[0047] 图6是实施例采用本发明的精细化快速测量路面平整度的测量装置安装图；

[0048] 图7是实施例第二段待测路面的闭合测试路线及测试顺序的示意图。

具体实施方式

[0049] 下面结合附图对本发明的具体实施方式进行详细说明。

[0050] 本发明的一种路面平整度精细化快速测量方法，包括以下步骤：

[0051] 步骤一、准备测量装置：

[0052] 所述的测量装置包括计算机、与计算机无线连接的自动全站仪、左右间隔设置且结构相同的第一支架1、第二支架2(如图1所示)和安装在两个支架之间的靶标装置(如图2所示),并且所述的第一支架1和第二支架2均包括一个水平底板9,沿垂直方向设置的垂直纵梁10的底部与所述的水平底板9中间部分螺纹连接,在所述的垂直纵梁10的顶面中间开有一个凹槽12,在靠近所述的凹槽12的垂直纵梁10上沿水平方向开有穿绳孔13,通常所述的穿绳孔距凹槽大约5cm处即可。在所述的穿绳孔上方的垂直纵梁10上焊接有一个穿绳固定环14,在所述的第二支架2的垂直纵梁10上通过支撑杆安装有改变方向用的滑轮15,所述的滑轮15的旋转轴线与穿绳孔13的轴线高度相同,在所述的第二支架的水平底板上安装有电动马达5。

[0053] 优选的一个斜撑结构11的两端分别固定在垂直纵梁10和水平底板9上。

[0054] 所述的靶标装置包括棱镜杆4,在所述的棱镜杆4顶部通过螺纹连接有360°棱镜3,在所述的棱镜杆4中部安装有激光测距仪7的集成控制器6,并在底端安装有与集成控制器通过数据线相连的激光测距仪7。所述的集成控制器6接收计算机发出的数据读取指令(可以通过蓝牙进行信号传输),采集由激光测距仪7的激光发射处到路面的距离,计算机同步采集自动全站仪输出的360°棱镜3中点的三维坐标数据。在所述的棱镜3的顶端固定有挂环16。所述的整个装置结构示意图如图3所示。

[0055] 步骤二、根据自动全站仪的最大测量范围将待测直线路面连续划分为N个测量段,前一测量段的终点为下一测量段的起点,然后在每个测量段内设定由多个测量子段首尾依次相接组成的闭合测试路线,每个测量段的多个测量子段中均包含从该测量段的起点直接指向该测量段的终点的直线形测量子段;

[0056] 步骤三、前后依次对每一测量段的路面平整度按照闭合水准路线高程测试方法(闭合测试路线的设定方法以及闭合水准路线高程测试方法为现有方法,参考2016年6月东南大学出版社《土木工程测量》中的“闭合水准路线高程测量方法”即可)进行测量,在每个测量段路面平整度测试后,对该段的闭合水准路线高程测量结果进行误差分析(参考《土木工程测量》中的“闭合水准路线高程测量的误差分析”即可)。若该段高程测量误差结果在设定的误差范围内,则进行下一测量段路面平整度测量;否则重新调整自动全站仪对该段的路面按照闭合水准路线高程测试方法重新测量,直至满足设定的误差要求为止。设定的误差范围的选取可以根据具体工程要求确定。

[0057] 对每一测量段的路面平整度采用闭合水准路线高差测试方法的测量过程为:

[0058] (1a) 对每个测量段的各测量子段依次进行测量前,将所述的第一支架1的水平底板9内侧端点安放在第一个测量子段的测量起点且棱镜在第一个测量子段的测量起点正上方,第二支架2位于所用全站仪的最大测量距离之内且第二支架2的水平底板9内侧端点安放在第一个测量子段的测量终点上;

[0059] (1b) 按照步骤(1a)将两个支架设置在设定位置后,对测量装置进行连接,连接方式为:

[0060] 第一根绳索8一端固定在第一支架的穿绳固定环14上,将所述的第一根绳索8另一端贴着第一支架凹槽底壁、穿过挂环16、贴着第二支架凹槽底壁,最后第一绳索8另一端固定在第二支架的穿绳固定环14上。

[0061] 将第二根绳索8一端固定在电动马达5转轴上并且另一端依次绕过第二支架上的

滑轮15、穿过第二支架上的穿绳孔13,沿水平方向固定在360°棱镜3和棱镜杆4螺纹连接处。

[0062] (1c) 将自动全站仪架设在测试道路外侧任一位置上,自动全站仪通过发射的无线信号与计算机连接。所述的自动全站仪的操作步骤按照购置全站仪附带的说明书即可;

[0063] (1d) 开启电动马达,调节电动马达5频率并始终以固定的频率拉绳,使360°棱镜3沿第一个测量子段方向匀速前进;利用自动跟踪全站仪定位跟踪360°棱镜,计算机根据设定的采集数据时间间隔采集自动跟踪全站仪输出的棱镜中点的三维坐标 (X_n, Y_n, Z_n) , 并且计算机同步获取激光测距仪7测得的该时刻由激光测距仪激光发射处到待测路面的距离 L_1 , 当360°棱镜到达该测量子段的测量终点时,停止电动马达和激光测距仪数据采集,所述的棱镜中点的三维坐标是在自动跟踪全站仪坐标体系下的坐标;

[0064] 为了方便计算,全站仪坐标体系的设定方法可以为:将自动全站仪架设点的位置设定为坐标原点 $O_1(0, 0, 0)$, 以架设点为起点,架设点与待测路面起始点 A_{11} 的连线为X轴方向, O_1 指向 A_{11} 为X轴正向,与 O_1A_{11} 垂直的方向为Y轴方向,则Y轴正向以 O_1 为轴心沿 O_1A_{11} 正向逆时针转90°所在的方向;当然也可以根据需要使用其他的全站仪坐标体系的设定方法。

[0065] (1e) 按照步骤(1a)将第一支架放置在下一测量子段起点,将第二支架2放置在下一测量子段终点,然后重复步骤(1d);

[0066] (1f) 重复步骤(1e)完成每个测量段的各测量子段的测量。

[0067] 对每一测量段的测量结果进行误差分析的步骤如下:

[0068] (2a) 根据公式(1)求取360°棱镜沿每个测量段内设定的闭合测试路线运动过程中后一时刻对应的360°棱镜中点的高度坐标与前一时刻对应的360°棱镜中点的高度坐标的相对高程差值 f_{hi}

$$[0069] \quad f_{hi} = Z_i - Z_{i-1} \quad (1)$$

[0070] 式中 Z_i : 第 i 时刻测得棱镜中点的三维坐标中的高度坐标值;

[0071] Z_{i-1} : 第 $i-1$ 时刻测得棱镜中点的三维坐标中的高度坐标值。

[0072] (2b) 将该测试段中计算得到的所有相对高程差值累加,然后与对应具体工程高程测量要求的误差进行对比。

[0073] 步骤四、将步骤三(1d)中每个测量段测试过程中,棱镜沿该段从起点直接指向终点的直线连线运动过程中计算机采集的棱镜中点的三维坐标全部筛选出来,然后将筛选出来的全部坐标采用闭合水准路线高差测试方法对三维坐标中的高度坐标进行修正,得到修正后棱镜中点的三维坐标 (X_n, Y_n, Z'_n) (修正方法可以参考2016年6月东南大学出版社《土木工程测量》中“闭合水准路线高程测量的误差分析”的方法即可)。

[0074] 步骤五、根据公式(2)计算后一时刻实测地面相对与前一时刻测试地面的相对高程差 h_i ,

$$[0075] \quad h_i = (L + L_i - Z'_i) - (L + L_{i-1} - Z'_{i-1}) \quad (2)$$

[0076] 从上式(2)可以得到下式(3):

$$[0077] \quad h_i = (L_i - Z'_i) - (L_{i-1} - Z'_{i-1}) \quad (3)$$

[0078] 式中 Z'_i : 第 i 时刻修正后棱镜中点的三维坐标中的高度坐标值;

[0079] Z'_{i-1} : 第 $i-1$ 时刻修正后棱镜中点的三维坐标中的高度坐标值;

[0080] L : 360°棱镜中心到激光测距仪底面的距离;

[0081] L_i : 对应第 i 时刻激光测距仪激光发射处到待测路面的距离;

[0082] L_{i-1} :对应第 $i-1$ 时刻激光测距仪激光发射处到待测路面的距离;

[0083] 步骤六、根据计算的高程差 h_i 判定路面平整度,判定的方法可以为:假设第一个测点 A_{11} 所在的高度为零式面即 A_{11} 测点的高度为0,根据其后紧接的测点 A_{12} 与 A_{11} 测点的程差 h_i ,可以画出 A_{12} 测点相对于 A_{11} 测点所处的位置,同理画出该测试路段其他各测点的位置来路面的起伏情况。此外也可以根据国际平整度测试与评价的规范计算关于路面平整度指标IRI。

[0084] 实施例

[0085] 如图4所示,待测段路总长350m,所选用的自动全站仪最大量程不得超过200m,现把待测段分为两段 $A_{11}-B_{11}$ 、 $A_{21}-B_{21}$ 测量。第一段待测路面 $A_{11}-B_{11}$ 测量长度为200m,第二段待测路面 $A_{21}-B_{21}$ 测量长度为150m。待测段路面最终的测量可以用线路 $A_{11}-B_{11}$ 、 $A_{21}-B_{21}$ 表示。

[0086] 开展对划分的第一段待测路面 $A_{11}-B_{11}$ 的测量,首先设定一个闭合测试路线及测试顺序(如图5所示)。 $A_{11}-B_{11}$ 的测量分为三个测量子段 $A_{11}-B_{11}$ 、 $B_{11}-T_{114}$ 、 $T_{114}-A_{11}$ 。接着对线路 $A_{11}-B_{11}$ 、 $B_{11}-T_{114}$ 和 $T_{114}-A_{11}$ 按照相同的方法依次测量。

[0087] 以测量子段 $A_{11}-B_{11}$ 为例:

[0088] 步骤一:将测量装置按照具体实施方式步骤一准备好,按照闭合测试路线的测量子段 $A_{11}-B_{11}$ 进行测试过程中,如图6所示将所述的第一支架1的水平底板9内侧端点安放在测量子段 $A_{11}-B_{11}$ 的测量起点 A_{11} 且棱镜在路面的起点正上方,第二支架2的水平底板9内侧端点安放在子段 $A_{11}-B_{11}$ 的测量终点 B_{11} 上;

[0089] 步骤二:将支架设置在设定位置后,对测量装置进行连接,连接方式为:第一根绳索8一端固定在第一支架的穿绳固定环14上,将所述的第一绳索8另一端贴着第一支架凹槽底壁、穿过挂环16、贴着第二支架凹槽底壁,最后第一绳索另一端固定在第二支架的穿绳固定环14上。

[0090] 将第二根绳索8一端固定在电动马达5转轴上并且另一端依次绕过第二支架上的滑轮15、穿过第二支架上的穿绳孔13,沿水平方向固定在 360° 棱镜3和棱镜杆4螺纹连接处。

[0091] 步骤三:如图5所示将自动全站仪架设在测试道路外侧任一位置 O_1 上,通过自动全站仪发射的无线信号与计算机连接,并使棱镜的起始位置对准待测路面起点 A_{11a} 。与此同时,集成控制器6分别与计算机、激光测距仪7连接。为了方便计算,此时全站仪坐标体系的设定方法可以为:将自动全站仪架设点的位置设定为坐标原点 $O_1(0,0,0)$,以架设点为起点,过架设点 O_1 且与待测路面平行的直线为X轴方向,且以向量 $\overrightarrow{A_{11}B_{11}}$ 的方向为X轴正向,与X轴垂直的方向为Y轴方向,则Y轴正向以 O_1 为轴心沿X轴正向逆时针转 90° 所在的方向;

[0092] 步骤四:开启电动马达,调节电动马达5频率并始终以固定的频率拉绳,使 360° 棱镜3沿测量子段 $A_{11}-B_{11}$ 方向匀速前进;利用自动跟踪全站仪定位跟踪 360° 棱镜,计算机根据设定的采集数据时间间隔采集自动跟踪全站仪输出的在自动跟踪全站仪坐标体系下棱镜中点的三维坐标 (X_n, Y_n, Z_n) ,并且计算机同步获取激光测距仪7测得的该时刻由激光测距仪激光发射处到待测路面的距离 L_1 ,当 360° 棱镜到达测量终点 B_{11} 时,停止电动马达和激光测距仪数据采集。

[0093] 闭合测试路线的测量子段 $A_{11}-B_{11}$ 测完后,紧接按照上述测量子段 $A_{11}-B_{11}$ 的步骤依次对子段 $B_{11}-T_{114}$ 、 $T_{114}-A_{11}$ 进行测量。其步骤只需将第一支架和第二支架2移动使第一支架分别位于测量子段 $B_{11}-T_{114}$ 、 $T_{114}-A_{11}$ 起点,同时第二支架位于各测量子段 $B_{11}-T_{114}$ 、 $T_{114}-A_{11}$ 终

点即可。在对闭合测试线路A₁₁-B₁₁、B₁₁-T₁₁₄、T₁₁₄-A₁₁过程中,自动全站仪的位置无须搬动。

[0094] 完成闭合测试线路A₁₁-B₁₁、B₁₁-T₁₁₄、T₁₁₄-A₁₁后,提取测试线路上测点的三维坐标值如表1所示。

[0095] 表1

待测路面A ₁₁ -B ₁₁ 测量结果								
测量子段	测点	X	Y	Z	相对高程差f _{hi} (m)	L(m)	L ₁ (m)	hi
A ₁₁ -B ₁₁	A ₁₁	-100.000	100.002	0.002		0.852	0.425	
	T ₁₀₂	-80.345	100.001	0.001	-0.001	0.852	0.423	-0.001
	T ₁₀₃	-60.538	100.001	0.006	0.005	0.852	0.426	-0.002
	T ₁₀₄	-40.350	100.003	0.013	0.007	0.852	0.421	-0.012
	T ₁₀₅	-19.972	100.005	0.008	-0.005	0.852	0.433	0.017
	T ₁₀₆	0.630	100.002	0.044	0.036	0.852	0.455	-0.014
	T ₁₀₇	20.918	100.007	0.065	0.021	0.852	0.462	-0.014
	T ₁₀₈	40.818	100.004	0.072	0.007	0.852	0.458	-0.011
	T ₁₀₉	60.537	100.009	0.079	0.007	0.852	0.468	0.003
	T ₁₁₀	80.340	100.004	0.093	0.014	0.852	0.482	0.000
B ₁₁ -T ₁₁₄	B ₁₁	99.999	100.003	0.095	0.002	0.852	0.494	0.010
	B ₁₁	99.999	100.003	0.095	0.000	0.852	0.494	0.000
	T ₁₁₂	79.269	85.242	0.083	-0.012	0.852	0.469	-0.013
	T ₁₁₃	58.431	71.036	0.069	-0.014	0.852	0.493	0.038
T ₁₁₄ -A ₁₁	T ₁₁₄	36.656	56.816	0.065	-0.004	0.852	0.474	-0.015
	T ₁₁₄	36.656	56.816	0.065	0.000	0.852	0.474	0.000
	T ₁₁₅	17.221	62.957	0.053	-0.012	0.852	0.436	-0.026
	T ₁₁₆	-2.226	69.045	0.047	-0.006	0.852	0.468	0.038
	T ₁₁₇	-22.102	75.199	0.037	-0.010	0.852	0.455	-0.003
	T ₁₁₈	-41.900	81.455	0.019	-0.018	0.852	0.446	0.009
	T ₁₁₉	-61.375	87.736	0.012	-0.007	0.852	0.439	0.000
	T ₁₂₀	-80.642	93.881	0.007	-0.005	0.852	0.423	-0.011
A ₁₁	-100.001	100.022	0.003	-0.004	0.852	0.422	0.003	
测试线路总长为419.979m					累计高程差=0.001m=1mm			

[0097] 根据公式1求取360°棱镜沿每个测量段内设定的闭合测试路线运动过程中下一时刻对应的360°棱镜中点的高度坐标与上一时刻对应的360°棱镜中点的高度坐标的相对高程差值f_{hi}:

[0098] $f_{hi} = Z_i - Z_{i-1}$ (1)

[0099] 式中Z_i:第i时刻测得棱镜中点的三维坐标中的高度坐标值;

[0100] Z_{i-1}:第i-1时刻测得棱镜中点的三维坐标中的高度坐标值。

[0101] 将各段测量中的相对高程差值f_{hi}累加得到f_h,如表1中的累加值f_h=1mm,然后与对应具体工程的高程测量要求误差进行对比(此次测量误差要求参照2016年6月东南大学出版社《土木工程测量》中的“闭合水准路线高程测量方法”的要求,其要求值根据计算为f_{h容}=±25.9mm),显然此闭合路线的测量满足精度要求,此时完成待测路面A₁₁-B₁₁的测量。

[0102] 如图7所示,搬动自动全站仪架设点的位置O₂,使其能测量到待测路面A₂₁-B₂₁拟定线路上各个测点的坐标位置。按照测量待测路面A₁₁-B₁₁同样的方法,对第二段待测路面A₂₁-B₂₁按照拟定的线路完成其测量工作,其各测点的数据如表2所示。

[0103] 表2

待测路面A21-B21测量结果								
测量子段	测点	X	Y	Z	相对高程差 $f_{hi}(m)$	L(m)	L ₁ (m)	h_i
A21-B21	A21	-87.614	63.714	0.003		0.852	0.633	
	T202	62.752	63.718	0.011	0.008	0.852	0.648	0.008
	T203	-37.785	63.712	0.026	0.015	0.852	0.653	-0.010
	T204	-12.616	63.721	0.013	-0.013	0.852	0.632	-0.008
	T205	12.615	63.719	0.018	0.005	0.852	0.641	0.004
	T206	37.498	63.723	0.025	0.007	0.852	0.598	-0.050
	B21	62.386	63.718	0.016	-0.009	0.852	0.603	0.014
B21-T209	B21	62.386	63.718	0.016	0.000	0.852	0.603	0.000
	T208	62.386	38.595	0.018	0.002	0.852	0.469	-0.136
	T209	62.386	13.349	0.043	0.025	0.852	0.493	-0.001
T209-A21	T209	62.386	13.349	0.043	0.000	0.852	0.493	0.000
	T210	40.696	20.541	0.053	0.010	0.852	0.526	0.023
	T211	19.547	27.735	0.045	-0.008	0.852	0.538	0.020
	T212	-1.890	34.933	0.023	-0.022	0.852	0.455	-0.061
	T213	-23.337	42.136	0.029	0.006	0.852	0.457	-0.004
	T214	-44.795	49.267	0.015	-0.014	0.852	0.439	-0.004
	T215	-66.247	56.397	0.008	-0.007	0.852	0.428	-0.004
	A21	-87.614	63.718	0.008	0.000	0.852	0.434	0.006
测试线路总长为358.6m					累计高程差=0.005m=5mm			

[0105] 步骤五、在待测路段A₁₁-B₁₁、A₂₁-B₂₁满足精度要求的前提下,将对两个测量段测试过程中,棱镜沿每个段测量段从起点直接指向终点的直线连线运动过程中(即从A₁₁直接指向B₁₁的直线运动,从A₂₁直接指向B₂₁的直线运动)计算机采集的棱镜中点的三维坐标全部筛选出来,然后对筛选出来的棱镜中点的高度坐标进行修正。由于参考2016年6月东南大学出版社《土木工程测量》中“闭合水准路线高程测量成果计算”的方法计算得的修正数特别小(远小于以毫米为单位的数),故此次可以无须修正闭合路线上各个测点的高度坐标。

[0106] 步骤六、根据下式计算后一时刻实测地面相对与前一时刻测试地面的相对高程差 h_i ,

$$[0107] \quad h_i = (L_i - Z'_i) - (L_{i-1} - Z'_{i-1}) \quad (3)$$

[0108] 式中 Z'_i :第i时刻修正后棱镜中点的三维坐标中的高度坐标值;

[0109] Z'_{i-1} :第i-1时刻修正后棱镜中点的三维坐标中的高度坐标值;

[0110] L_i :对应第i时刻激光测距仪激光发射处到待测路面的距离;

[0111] L_{i-1} :对应第i-1时刻激光测距仪激光发射处到待测路面的距离;

[0112] 其计算得到的具体数值如表1、2所示。根据前后两时刻的高程差 h_i ,可以画出其路面的起伏情况来反应待测路面的平整度情况。例如,假设A₁₁测点所在的高度为零式面即A₁₁测点的高度为0,根据其后紧接的T₁₀₂测点与A₁₁测点的程差 $h_i = -0.001m$,可以画出T₁₀₂测点在A₁₁测点下方0.001m处的位置,同理画出该测试路段其他各测点的位置来路面的起伏情况。

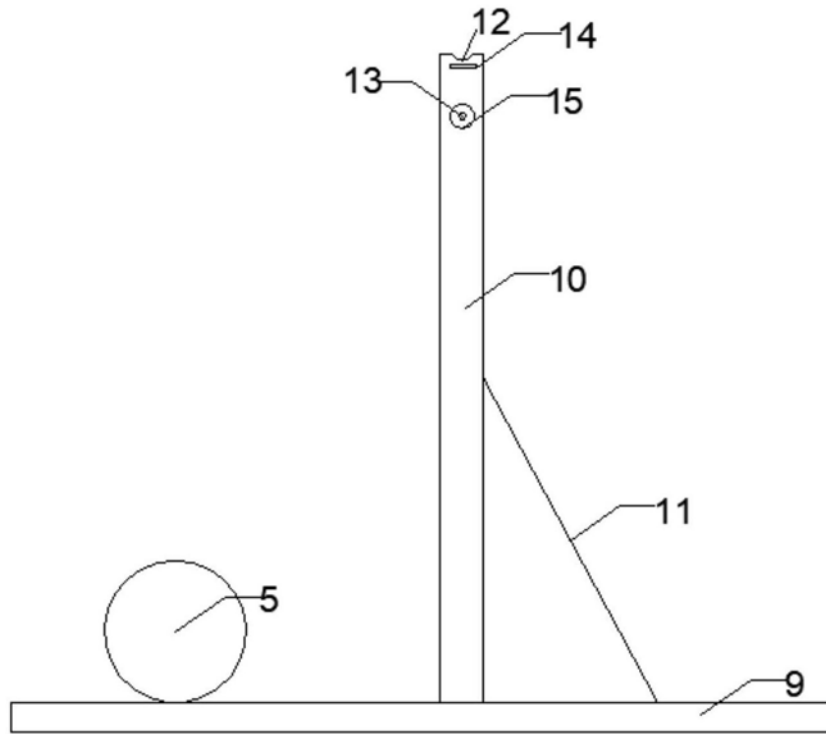


图1

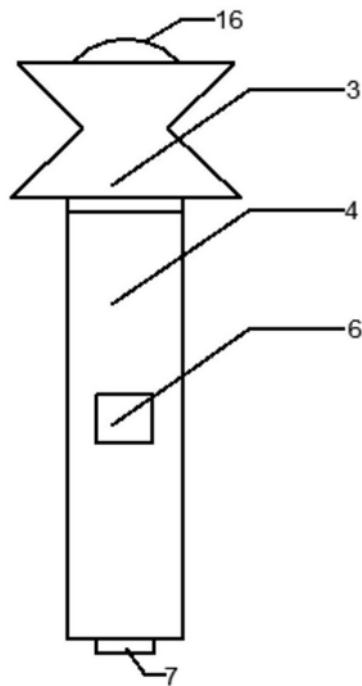


图2

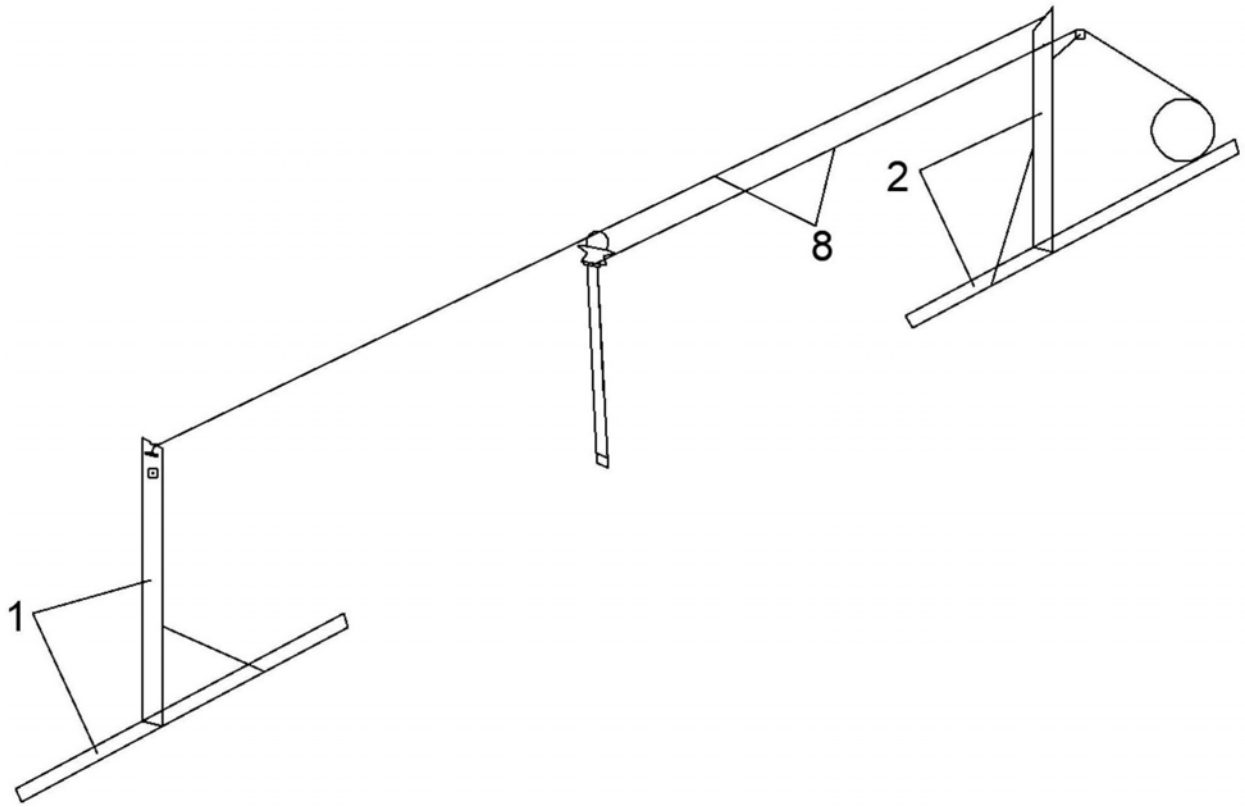


图3

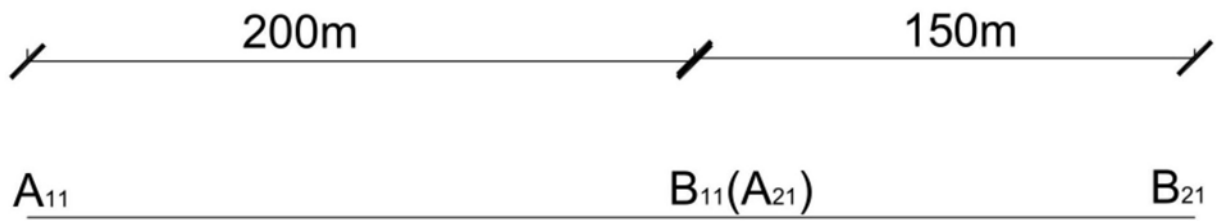


图4

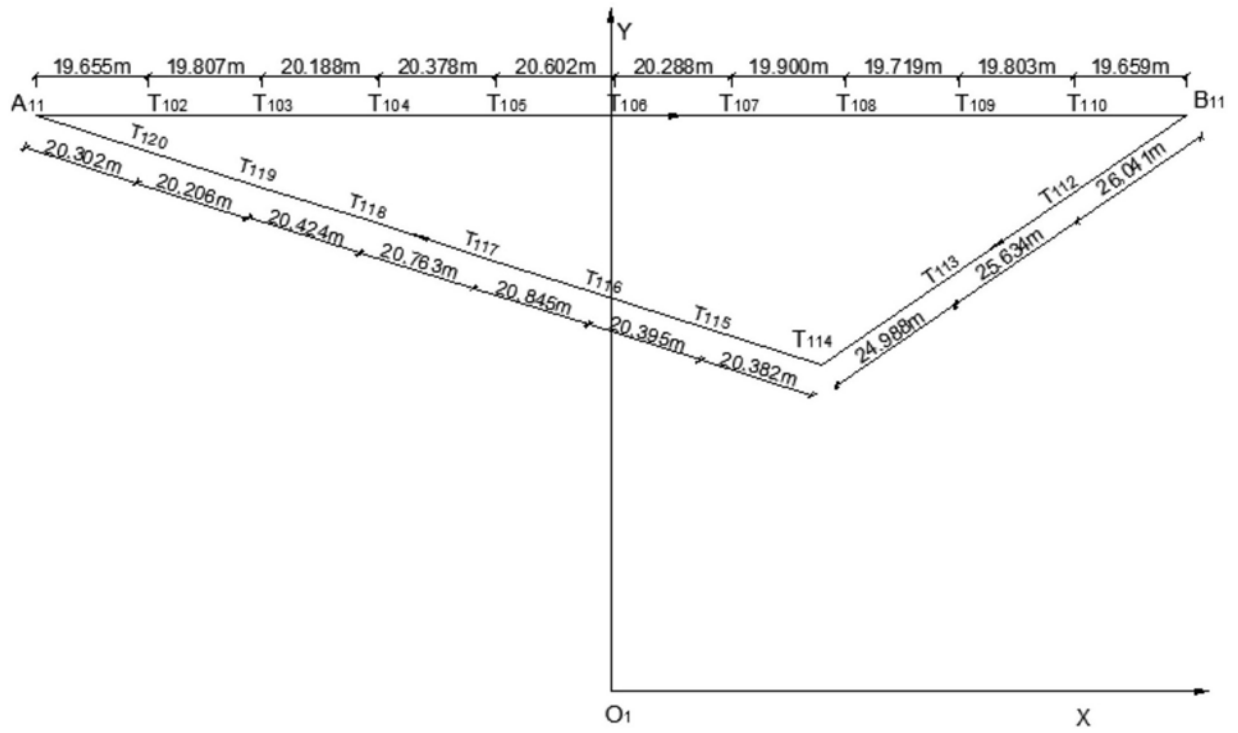


图5

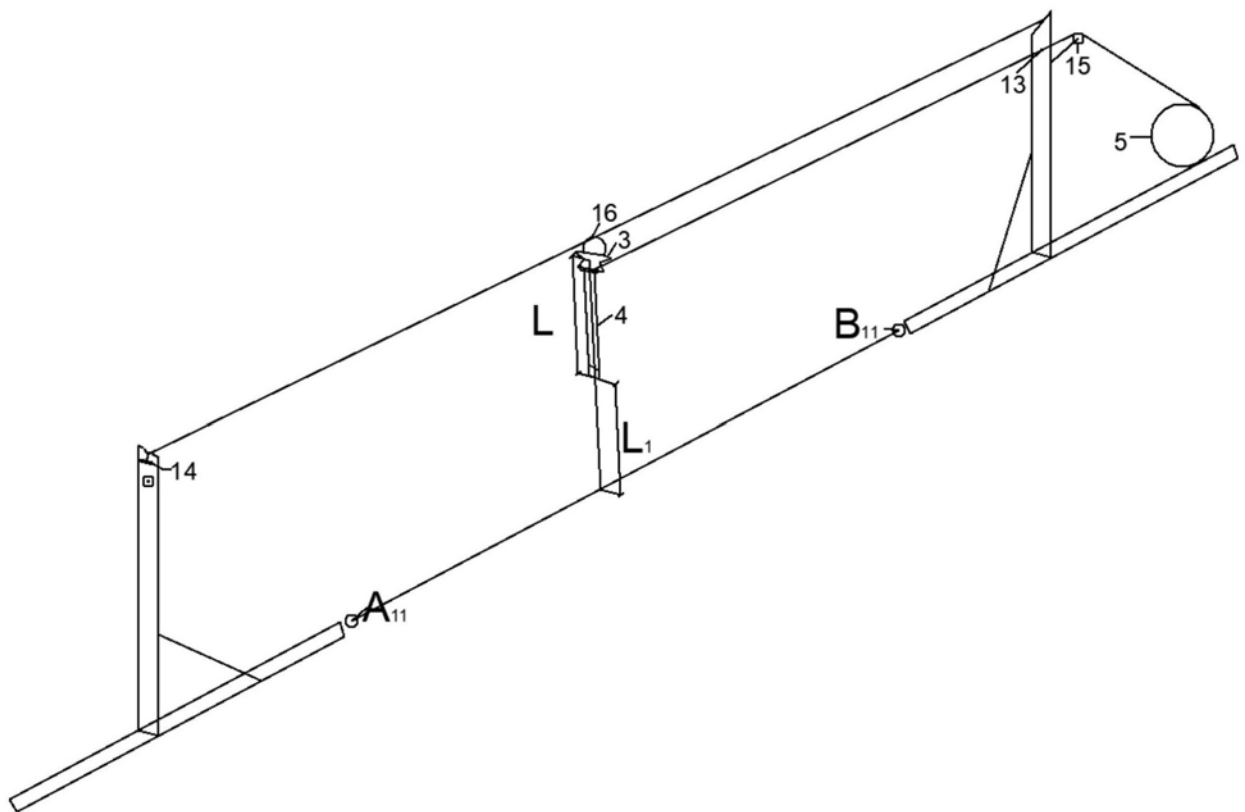


图6

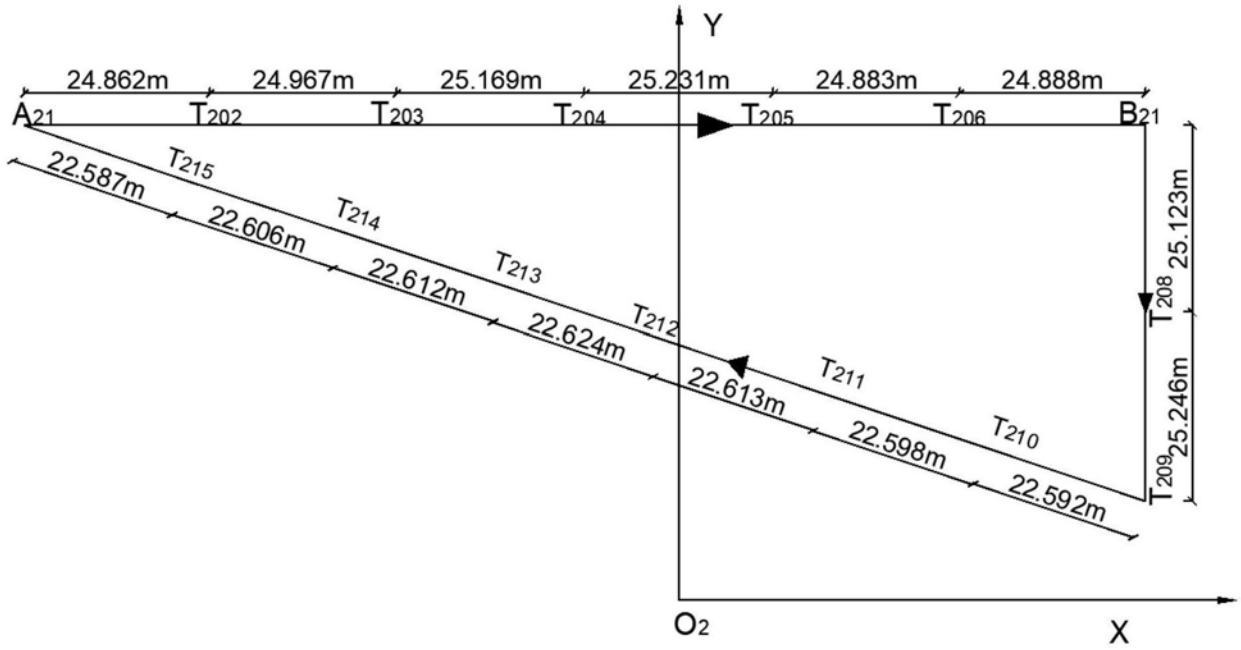


图7