



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111811386 A

(43) 申请公布日 2020.10.23

(21) 申请号 202010809580.4

(22) 申请日 2020.08.13

(71) 申请人 北京大成国测科技有限公司

地址 102206 北京市昌平区昌平路97号6幢
503

(72) 发明人 蒋梦 张怀 钟雯清 高玉亮

王鹤 康秋静 高占建

(74) 专利代理机构 北京中创云知识产权代理事

务所(普通合伙) 11837

代理人 肖佳

(51) Int. Cl.

G01B 7/02 (2006.01)

G01B 7/16 (2006.01)

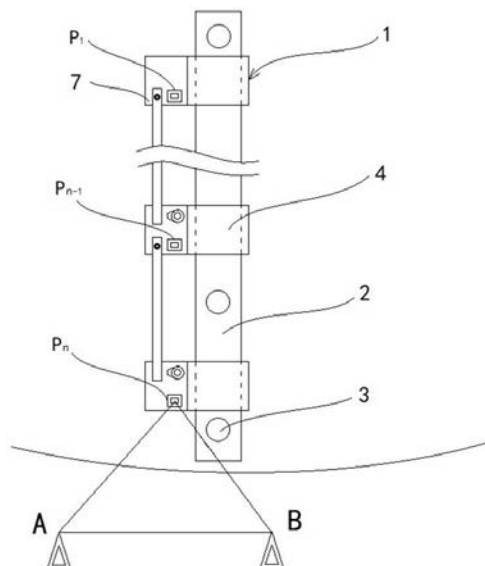
权利要求书3页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

基于北斗定位的边坡水平位移监测系统及其方法

(57) 摘要

一种基于北斗定位的边坡水平位移监测系统及其方法,该系统包括:多个监测点模块、监测点模块支撑杆、支撑杆固定单元、已知基准点和位移监测模块;位移监测模块每隔一定时间间隔接收所述北斗定位单元发送的定位信息,计算并记录相应监测点的每次水平位移和累积水平位移;记录所述累积水平位移超过第一阈值时的数量,当该数量达到第二阈值时所述位移监测模块发送第一报警信息。该方法采用北斗定位单元和一般定位测量器件相结合进行边坡水平位移的监控,在边坡水平位移量较小的情况下由北斗定位单元进行监控,在边坡水平位移量不断增大的情况下由人工测量进行监控,既能提高效率,又节约了成本。



1. 一种基于北斗定位的边坡水平位移监测系统,其特征在于,包括:多个监测点模块、监测点模块支撑杆、支撑杆固定单元、已知基准点和位移监测模块;

所述多个监测点模块等间距固定设置在所述监测点模块支撑杆上;所述多个监测点模块中的一部分包括北斗定位单元,用于对该部分监测点模块中的监测点进行定位;

所述监测点模块支撑杆由所述支撑杆固定单元固定在所述边坡上;

所述位移监测模块每隔一定时间间隔接收所述北斗定位单元发送的定位信息,计算并记录相应监测点的每次水平位移和累积水平位移;记录所述累积水平位移超过第一阈值时的数量,当该数量达到第二阈值时所述位移监测模块发送第一报警信息。

2. 如权利要求1所述的基于北斗定位的边坡水平位移监测系统,其特征在于,所述监测点模块包括环形卡扣,用于卡扣在所述监测点模块支撑杆上;

所述环形卡扣一侧设置有监测点固定板,其上固定设置有监测点;

所述监测点上安装有所述北斗定位单元或与所述位移监测模块匹配使用的定位器件。

3. 如权利要求2所述的基于北斗定位的边坡水平位移监测系统,其特征在于,所述监测点固定板上固定设置有位移基准杆,所述位移基准杆延伸到相邻的监测点固定板,在相邻的监测点固定板上与位移基准杆相对的位置设置有位移传感器,用于监测相邻监测点的相对位移,当所述相对位移超过一预定阈值且达到一定数量,则发出第二报警信息。

4. 如权利要求1-3任一项所述的基于北斗定位的边坡水平位移监测系统,其特征在于,所述支撑杆固定单元包括多个,包括固定头部和固定锚,等间隔或非等间隔地将所述监测点模块支撑杆固定在所述边坡上。

5. 如权利要求4所述的基于北斗定位的边坡水平位移监测系统,其特征在于,所述已知基准点包括两个,设置在坡底的平坦地势上,两个已知基准点的坐标分别为 (x_A, y_A) 、 (x_B, y_B) ;

当接收到第一报警信息时,所述位移监测模块根据已知基准点分别测量和计算不包括北斗定位单元的多个监测点模块中监测点的初始坐标位置,并记录所述初始坐标位置;每隔一预定时间周期,重新测量和计算所述监测点模块中监测点的坐标位置,并根据所述坐标位置计算和记录相应监测点的每次水平位移和累积水平位移;记录所述累积水平位移超过第三阈值时的数量,当该数量达到第四阈值时所述位移监测模块发送第三报警信息。

6. 如权利要求5所述的基于北斗定位的边坡水平位移监测系统,其特征在于,所述位移监测模块根据以下公式计算监测点的水平位移,其中 Δx 、 Δy 分别为相对于边坡的纵位移和横位移:

$$\Delta x = D_1 \Delta \alpha + D_2 \Delta \beta \quad (1)$$

$$\Delta y = D_3 \Delta \alpha + D_4 \Delta \beta \quad (2)$$

其中,

$$D_1 = \frac{x_P - x_B}{\rho_0 \sin^2 \alpha (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta)}; \quad D_2 = \frac{x_P - x_A}{\rho_0 \sin^2 \beta (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta)};$$

$$D_3 = \frac{y_P - y_B}{\rho_0 \sin^2 \alpha (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta)}; \quad D_4 = \frac{y_P - y_A}{\rho_0 \sin^2 \beta (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta)}; \quad \rho_0 = \frac{180}{\pi};$$

$$\Delta \alpha = \alpha' - \alpha; \quad \Delta \beta = \beta' - \beta;$$

两个已知基准点A、B的坐标分别为 (x_A, y_A) 、 (x_B, y_B) ；监测点P的坐标为 (x_P, y_P) ， α 、 β 分别为点A、B、P形成的三角形中 $\angle BAP$ 、 $\angle ABP$ 的角度， α' 、 β' 分别为监测点P位移到点P'后点A、B、P'形成的三角形中 $\angle BAP'$ 、 $\angle ABP'$ 的角度。

7. 一种基于北斗定位的边坡水平位移监测方法，其特征在于，由如权利要求1-6任一项所述的基于北斗定位的边坡水平位移监测系统进行监测，包括如下步骤：

每隔一定时间间隔接收监测点模块中所述北斗定位单元发送的定位信息，计算并记录相应监测点的每次水平位移和累积水平位移；

记录所述累积水平位移超过第一阈值时的数量，当该数量达到第二阈值时所述位移监测模块发送第一报警信息，进行下一步；否则，继续回到上一步；

设置已知基准点A、B，并记录其坐标 (x_A, y_A) 、 (x_B, y_B) ；根据已知基准点分别测量和计算不包括北斗定位单元的多个监测点模块中监测点的初始坐标位置，并记录所述初始坐标位置；

每隔一预定时间周期，重新测量和计算所述监测点模块中监测点的坐标位置，并根据所述坐标位置计算和记录每个监测点的每次水平位移和累积水平位移；记录所述累积水平位移超过第三阈值时的数量，当该数量达到第四阈值时所述位移监测模块发送第三报警信息。

8. 如权利要求7所述的基于北斗定位的边坡水平位移监测方法，其特征在于，所述北斗定位单元发送的定位信息包括监测点的坐标位置信息。

9. 如权利要求7或8所述的基于北斗定位的边坡水平位移监测方法，其特征在于，按照以下公式计算不包括北斗定位单元的监测点的水平位移，其中 Δx 、 Δy 分别为相对于边坡的纵位移和横位移：

$$\Delta x = D_1 \Delta \alpha + D_2 \Delta \beta \quad (1)$$

$$\Delta y = D_3 \Delta \alpha + D_4 \Delta \beta \quad (2)$$

其中，

$$D_1 = \frac{x_P - x_B}{\rho_0 \sin^2 \alpha (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta)}; \quad D_2 = \frac{x_P - x_A}{\rho_0 \sin^2 \beta (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta)};$$

$$D_3 = \frac{y_P - y_B}{\rho_0 \sin^2 \alpha (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta)}; \quad D_4 = \frac{y_P - y_A}{\rho_0 \sin^2 \beta (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta)}; \quad \rho_0 = \frac{180}{\pi};$$

$$\Delta \alpha = \alpha' - \alpha; \quad \Delta \beta = \beta' - \beta;$$

两个已知基准点A、B的坐标分别为 (x_A, y_A) 、 (x_B, y_B) ；监测点P的坐标为 (x_P, y_P) ， α 、 β 分别为点A、B、P形成的三角形中 $\angle BAP$ 、 $\angle ABP$ 的角度， α' 、 β' 分别为监测点P位移到点P'后点A、B、P'形成的三角形中 $\angle BAP'$ 、 $\angle ABP'$ 的角度。

10. 如权利要求7所述的基于北斗定位的边坡水平位移监测方法，其特征在于，还包括：当相邻监测点的相对位移超过一预定阈值且达到一定数量发出警告时，对所述监测点模块和监测点模块支撑杆进行维修或更换。

基于北斗定位的边坡水平位移监测系统及其方法

技术领域

[0001] 基于北斗定位的边坡水平位移监测系统及其方法。

背景技术

[0002] 水平位移/变形监测是坑探工程的围岩或边坡位移量或变形值沿水平方向的分量,是基坑及边坡、特别是深基坑和永久边坡支护工程的重要指标。在工程施工期间,随着基坑内土体的挖出,基坑支护结构两侧土体产生压力差,从而引起土体由基坑外侧向内侧的水平移动。通过水平变形监测,及时对监测数据进行分析处理,判断地层、支护结构的安全性、判断基坑开挖施工对围护结构及周围环境的影响程度,能够控制施工安全以及降低基坑施工对周边环境的影响,并对可能发生的危及环境和本身施工安全的隐患或事故提供及时、准确的预报,提前采取预防措施,避免事故的发生。

[0003] 现有的土体水平位移例如基坑或桩孔的土体水平位移,利用预埋或者后期钻孔安装的内设轨道的测斜管配合测斜仪进行。现有方法需要由人工拉拽测斜管内的测斜仪沿深度方向每米测一个倾斜角度,然后按照倾斜角度反推该深度位置发生的水平位移,并绘制随深度变化的水平位移曲线,也就是土体测斜。然而该方法比较费力,且效率不高。或者采用自动测量方法,其在人工测试方法的基础上改进而来,具体为,在测斜管里放置一串倾角传感器,一定距离设置一个,然后用数据采集处理装置定时读取每个倾角传感器的数据实现自动监测。虽然这样可以自动测得土体倾斜,但弊端是倾角传感器的价格昂贵,导致成本太高,使得监测成本急剧增加。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于针对现有技术的不足,提供一种基于北斗定位的边坡水平位移监测系统和方法,采用北斗定位单元和一般定位测量器件相结合进行边坡水平位移的监控,在边坡水平位移量较小的情况下由北斗定位单元进行监控,在边坡水平位移量不断增大的情况下由人工测量进行监控,既能提高效率,又节约了成本。

[0005] 为实现上述目的,本发明的第一方面提供了一种基于北斗定位的边坡水平位移监测系统,包括:多个监测点模块、监测点模块支撑杆、支撑杆固定单元、已知基准点和位移监测模块;

所述多个监测点模块等间距固定设置在所述监测点模块支撑杆上;所述多个监测点模块中的一部分包括北斗定位单元,用于对该部分监测点模块中的监测点进行定位;

所述监测点模块支撑杆由所述支撑杆固定单元固定在所述边坡上;

所述位移监测模块每隔一定时间间隔接收所述北斗定位单元发送的定位信息,计算并记录相应监测点的每次水平位移和累积水平位移;记录所述累积水平位移超过第一阈值时的数量,当该数量达到第二阈值时所述位移监测模块发送第一报警信息。

[0006] 进一步的,所述监测点模块包括环形卡扣,用于卡扣在所述监测点模块支撑杆上;

所述环形卡扣一侧设置有监测点固定板,其上固定设置有监测点;

所述监测点上安装有所述北斗定位单元或与所述位移监测模块匹配使用的定位器件。

[0007] 进一步的,所述监测点固定板上固定设置有位移基准杆,所述位移基准杆延伸到相邻的监测点固定板,在相邻的监测点固定板上与位移基准杆相对的位置设置有位移传感器,用于监测相邻监测点的相对位移,当所述相对位移超过一预定阈值且达到一定数量,则发出第二报警信息。

[0008] 进一步的,所述支撑杆固定单元包括多个,包括固定头部和固定锚,等间隔或非等间隔地将所述监测点模块支撑杆固定在所述边坡上。

[0009] 进一步的,所述已知基准点包括两个,设置在坡底的平坦地势上,两个已知基准点的坐标分别为 (x_A, y_A) 、 (x_B, y_B) ;

当接收到第一报警信息时,所述位移监测模块根据已知基准点分别测量和计算不包括北斗定位单元的多个监测点模块中监测点的初始坐标位置,并记录所述初始坐标位置;每隔一预定时间周期,重新测量和计算所述监测点模块中监测点的坐标位置,并根据所述坐标位置计算和记录相应监测点的每次水平位移和累积水平位移;记录所述累积水平位移超过第一阈值时的数量,当该数量达到第三阈值时所述位移监测模块发送第三报警信息。

[0010] 进一步的,所述位移监测模块根据以下公式计算监测点的水平位移,其中 Δx 、 Δy 分别为相对于边坡的纵位移和横位移:

$$\Delta x = D_1 \Delta \alpha + D_2 \Delta \beta \quad (1)$$

$$\Delta y = D_3 \Delta \alpha + D_4 \Delta \beta \quad (2)$$

其中,

$$D_1 = \frac{x_P - x_B}{\rho_0 \sin^2 \alpha (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta)}; \quad D_2 = \frac{x_P - x_A}{\rho_0 \sin^2 \beta (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta)};$$

$$D_3 = \frac{y_P - y_B}{\rho_0 \sin^2 \alpha (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta)}; \quad D_4 = \frac{y_P - y_A}{\rho_0 \sin^2 \beta (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta)}; \quad \rho_0 = \frac{180}{\pi};$$

$$\Delta \alpha = \alpha' - \alpha; \quad \Delta \beta = \beta' - \beta;$$

两个已知基准点A、B的坐标分别为 (x_A, y_A) 、 (x_B, y_B) ;监测点P的坐标为 (x_P, y_P) , α 、 β 分别为点A、B、P形成的三角形中 $\angle BAP$ 、 $\angle ABP$ 的角度, α' 、 β' 分别为监测点P位移到点P'后点A、B、P'形成的三角形中 $\angle BAP'$ 、 $\angle ABP'$ 的角度。

[0011] 本发明的第二方面提供了一种基于北斗定位的边坡水平位移监测方法,由如前所述的基于北斗定位的边坡水平位移监测系统进行监测,包括如下步骤:

每隔一定时间间隔接收监测点模块中所述北斗定位单元发送的定位信息,计算并记录相应监测点的每次水平位移和累积水平位移;

记录所述累积水平位移超过第一阈值时的数量,当该数量达到第二阈值时所述位移监测模块发送第一报警信息,进行下一步;否则,继续回到上一步;

设置已知基准点A、B,并记录其坐标 (x_A, y_A) 、 (x_B, y_B) ;根据已知基准点分别测量和计算

不包括北斗定位单元的多个监测点模块中监测点的初始坐标位置,并记录所述初始坐标位置;

每隔一预定时间周期,重新测量和计算所述监测点模块中监测点的坐标位置,并根据所述坐标位置计算和记录每个监测点的每次水平位移和累积水平位移;记录所述累积水平位移超过第一阈值时的数量,当该数量达到第三阈值时所述位移监测模块发送第三报警信息。

[0012] 进一步的,所述北斗定位单元发送的定位信息包括监测点的坐标位置信息。

[0013] 进一步的,按照以下公式计算不包括北斗定位单元的监测点的水平位移,其中 Δx 、 Δy 分别为相对于边坡的纵位移和横位移:

$$\Delta x = D_1 \Delta \alpha + D_2 \Delta \beta \quad (1)$$

$$\Delta y = D_3 \Delta \alpha + D_4 \Delta \beta \quad (2)$$

其中,

$$D_1 = \frac{x_P - x_B}{\rho_0 \sin^2 \alpha (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta)}; \quad D_2 = \frac{x_P - x_A}{\rho_0 \sin^2 \beta (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta)};$$

$$D_3 = \frac{y_P - y_B}{\rho_0 \sin^2 \alpha (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta)}; \quad D_4 = \frac{y_P - y_A}{\rho_0 \sin^2 \beta (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta)}; \quad \rho_0 = \frac{180}{\pi};$$

$$\Delta \alpha = \alpha' - \alpha; \quad \Delta \beta = \beta' - \beta;$$

两个已知基准点A、B的坐标分别为 (x_A, y_A) 、 (x_B, y_B) ; 监测点P的坐标为 (x_P, y_P) , α 、 β 分别为点A、B、P形成的三角形中 $\angle BAP$ 、 $\angle ABP$ 的角度, α' 、 β' 分别为监测点P位移到点P' 后点A、B、P' 形成的三角形中 $\angle BAP'$ 、 $\angle ABP'$ 的角度。

[0014] 进一步的,还包括:当相邻监测点的相对位移超过一预定阈值且达到一定数量发出警告时,对所述监测点模块和监测点模块支撑杆进行维修或更换。

[0015] 综上所述,本发明提供了一种基于北斗定位的边坡水平位移监测系统和方法,该系统包括:多个监测点模块、监测点模块支撑杆、支撑杆固定单元、已知基准点和位移监测模块;多个监测点模块等间距固定设置在所述监测点模块支撑杆上;监测点模块支撑杆由所述支撑杆固定单元固定在所述边坡上;位移监测模块每隔一定时间间隔接收所述北斗定位单元发送的定位信息,计算并记录相应监测点的每次水平位移和累积水平位移;记录所述累积水平位移超过第一阈值时的数量,当该数量达到第二阈值时所述位移监测模块发送第一报警信息。该方法根据上述系统测量并计算获得每个监测点的水平位移,以此来判断边坡的水平位移情况。

[0016] 本发明的有益效果是:

1、该监测系统采用北斗定位单元和一般定位测量器件相结合进行边坡水平位移的监控,在边坡水平位移量较小的情况下由北斗定位单元进行监控,在边坡水平位移量不断增大的情况下由人工测量进行监控,既能提高效率,又节约了成本。

[0017] 2、该监测系统仅需一次安装,测量和计算水平位移是无需爬坡或进行测斜仪的操作,安装简单,操作方便。

[0018] 3、该监测系统设置有相邻监测点模块的相对位移监测,方便监控监测点模块的现场情况。

[0019] 4、采用求导的方式进行水平位移的计算,提高了水平位移监测的精度。

附图说明

[0020] 图1是本发明实施例的基于北斗定位的边坡水平位移监测系统的正面结构示意图;

图2是本发明实施例的基于北斗定位的边坡水平位移监测系统的侧面结构示意图;

图3是本发明实施例的基于北斗定位的边坡水平位移监测系统的局部结构示意图;

图4是本发明实施例的监测点模块发生水平位移的结构示意图;

图5是本发明实施例的水平位移计算的原理示意图;

图6是本发明实施例的基于北斗定位的边坡水平位移监测方法的流程示意图。

具体实施方式

[0021] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚了,下面结合具体实施方式并参照附图,对本发明进一步详细说明。应该理解,这些描述只是示例性的,而并非要限制本发明的范围。此外,在以下说明中,省略了对公知结构和技术的描述,以避免不必要地混淆本发明的概念。

[0022] 本发明的第一方面提供了一种基于北斗定位的边坡水平位移监测系统,如图1和2所示,包括:多个监测点模块1、监测点模块支撑杆2、支撑杆固定单元3、已知基准点A、B和位移监测模块。

[0023] 多个监测点模块1等间距固定设置在监测点模块支撑杆2上,其一部分包括北斗定位单元,用于对该部分监测点模块中的监测点进行定位。具体的,北斗定位单元可以设置为北斗定位天线,用于给位移监测模块发送监测点的坐标位置信息。

[0024] 监测点模块支撑杆2由支撑杆固定单元3固定在所述边坡上。

[0025] 位移监测模块每隔一定时间间隔接收北斗定位单元发送的定位信息,即相应监测点的坐标位置信息,根据每次测得的坐标位置信息计算并记录相应监测点的每次水平位移和累积水平位移。同时记录所述累积水平位移超过第一阈值时的数量,当该数量达到第二阈值时所述位移监测模块发送第一报警信息。

[0026] 进一步的,在边坡沿坡度方向上可以设置多个监测点模块支撑杆2,以避免监测点模块支撑杆2的长度过长,导致容易折断的情况发生。

[0027] 进一步的,如图1所示,多个监测点模块1等间距地固定设置在监测点模块支撑杆上2。该监测点模块1包括环形卡扣4,用于将监测点模块1卡扣在监测点模块支撑杆上,环形卡扣4可以是半个圆环,也可以是整个圆环。环形卡扣4的一侧固定连接设置有监测点固定板7,该监测点固定板7可以和环形卡扣4一体形成,也可以分体形成后通过粘接或焊接在一起。监测点固定板7上固定设置有监测点 P_i ,不包括北斗定位单元的监测点 P_i 可以设置为反射镜、激光反射器或其他形式用于接收测距装置的信号并反馈信号的器件。其中,包括北

斗定位单元的监测点的数量可以设置为小于所有监测点数量的1/3,以节约成本,并且在一开始利用北斗定位仅监测部分监测点的位移信息,自动监测,可以提高效率。

[0028] 位移监测模块每隔一定时间间隔接收所述北斗定位单元发送的定位信息,计算并记录相应监测点的每次水平位移和累积水平位移;记录所述累积水平位移超过第一阈值时的数量,当该数量达到第二阈值时所述位移监测模块发送第一报警信息。

[0029] 如图3所示,监测点固定板7上还固定设置有位移基准杆5,所述位移基准杆的一端由螺钉固定连接在监测点固定板7上,另一端纵向延伸到相邻的监测点固定板,并与其部分重叠,在相邻的监测点固定板上与位移基准杆相对的位置处设置有位移传感器6。由于位移基准杆5在相邻监测点固定板的一端为自由端,当边坡发生移动导致整个位移监测系统或其中的部件发生相应位移时,该位移基准杆5的自由端也会发生偏离情况,因此用位移传感器6测量与其相对的位移基准杆之间的位移值,可以监测相邻监测点的相对位移,用于了解监测点模块1和/或支撑杆2的结构是否有损坏的情况发生。进一步的,还包括计数单元,用于记录所述相对位移超过一预定阈值的数量。该计数单元可以记录每个监测点模块支撑杆中相对位移超过一预定阈值的数量,也可以记录沿一个方向上所有监测点模块支撑杆中相对位移超过一预定阈值的数量,当计数单元中的数量达到一预设值时,则发出警告。工作人员根据该警告信息进行现场查验,决定是否维修或更换监测点模块1和监测点模块支撑杆2。

[0030] 进一步的,如图2所示,支撑杆固定单元3包括多个,包括固定头部31和固定锚32,用于等间隔地或非等间隔地将所述监测点模块支撑杆固定在所述边坡上。具体的,在监测点模块支撑杆2的两端设置有该支撑杆固定单元3,相邻两个监测点模块之间也可以设置一个支撑杆固定单元3,或者间隔多个监测点模块设置一个支撑杆固定单元3。具体的,可以在支撑杆上设置多个孔,用于容纳支撑杆固定单元的固定头部31,也可以直接将支撑杆固定单元将敲打进支撑杆中以将其固定在边坡上。

[0031] 进一步的,还可包括罩盖单元(图中未示),用于遮挡所述多个监测点模块。所述罩盖单元可以是包覆膜或者塑料壳体。

[0032] 进一步的,该水平位移监测模块包括信号接收单元、测量单元和计算单元,在接收到第一报警信息之前,信号接收单元接收北斗定位单元的信息,且计算单元计算水平位移值;在接收到第一报警信息之后,测量单元用于测量监测点的坐标值、与已知基准点的距离和/或角度等信息;计算单元用于根据测量得到的值采用一定的计算方法以算出边坡的水平位移值。

[0033] 如图1和2所示,该监测系统包括两个已知基准点A和B,设置在坡底的平坦地势上,两个已知基准点的坐标分别为 (x_A, y_A) 、 (x_B, y_B) ,监测点P的坐标为 (x_P, y_P) 。

[0034] 如图4所示,当边坡发生水平位移时,监测点P的位置变为 P' ,其坐标也相应变为 $(x_{P'}, y_{P'})$,此时,该监测点的水平位移计算过程如下。

[0035] 如图5所示,A、B为已知基准点, α 、 β 为观测角,分别为点A、B、P形成的三角形中 $\angle BAP$ 、 $\angle ABP$ 的角度,则P点的坐标 (x_P, y_P) 为:

$$x_P = \frac{x_A \operatorname{ctg} \beta + x_B \operatorname{ctg} \alpha + y_B - y_A}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta} \quad (1)$$

$$y_P = \frac{y_A \operatorname{ctg} \beta + y_B \operatorname{ctg} \alpha - x_B + x_A}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta} \quad (2)$$

对上式(1)和(2)进行微分求得得到:

$$dx_P = \frac{x_P - x_B}{\rho_0 \sin^2 \alpha (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta)} d\alpha + \frac{x_P - x_A}{\rho_0 \sin^2 \beta (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta)} d\beta \quad (3)$$

$$dy_P = \frac{y_P - y_B}{\rho_0 \sin^2 \alpha (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta)} d\alpha + \frac{y_P - y_A}{\rho_0 \sin^2 \beta (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta)} d\beta \quad (4)$$

$$\text{令: } \Delta x = dx_P, \quad \Delta y = dy_P; \quad \Delta \alpha = \alpha' - \alpha; \quad \Delta \beta = \beta' - \beta;$$

其中 Δx 、 Δy 分别为相对于边坡的纵位移和横位移;

$$\text{令: } D_1 = \frac{x_P - x_B}{\rho_0 \sin^2 \alpha (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta)}; \quad D_2 = \frac{x_P - x_A}{\rho_0 \sin^2 \beta (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta)};$$

$$D_3 = \frac{y_P - y_B}{\rho_0 \sin^2 \alpha (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta)}; \quad D_4 = \frac{y_P - y_A}{\rho_0 \sin^2 \beta (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta)}; \quad \text{其中 } \rho_0 = \frac{180}{\pi};$$

则有:

$$\Delta x = D_1 \Delta \alpha + D_2 \Delta \beta \quad (5)$$

$$\Delta y = D_3 \Delta \alpha + D_4 \Delta \beta \quad (6)$$

由于 (x_A, y_A) 、 (x_B, y_B) 、 α 、 β 都为已知值, 则 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 可以计算得出, 为常数。将该已知值和常数都作为初始值存储在所述位移监测模块中, 然后通过测量位移后的监测点 P' 的坐标或者其到已知基准点 A、B 的距离或者其与已知基准点 A、B 的角度值, 以算出上述相对于边坡的纵位移 Δx 和横位移 Δy 。每隔一定时间间隔则对边坡的水平位移进行一次测量和计算, 记录每次的水平位移值, 并依次累加, 得到累计的水平位移值。当累计的水平位移值达到第三阈值时, 且当达到第三阈值的累计水平位移的数量达到第四阈值时, 由所述位移监测系统向后台发出报警信息。

[0036] 本发明的第二方面提供了一种基于北斗定位的边坡水平位移监测方法, 由前所述的基于北斗定位的边坡水平位移监测系统进行监测, 如图6所示, 包括如下步骤:

步骤S100, 每隔一定时间间隔接收监测点模块中所述北斗定位单元发送的定位信息, 计算并记录相应监测点的每次水平位移和累积水平位移;

步骤S200,记录所述累积水平位移超过第一阈值时的数量;

步骤S300,判断该数量是否达到第二阈值:是则所述位移监测模块发送第一报警信息,然后进行下一步;否则继续回到上一步;

步骤S400,设置已知基准点A、B,记录其坐标 (x_A, y_A) 、 (x_B, y_B) 。根据上面的推导过程,计算并记录常数 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 ;根据已知基准点分别测量和计算所述多个监测点模块中不包括北斗定位单元的监测点 P_i 的初始坐标位置,并记录所述初始坐标位置。

[0037] 步骤S500,每隔一预定时间周期,重新测量和计算所述监测点模块中监测点的坐标位置,并根据所述坐标位置计算和记录每个监测点的每次水平位移和累积水平位移;

步骤S600,记录所述累积水平位移超过第三阈值时的数量,当该数量达到第四阈值时所述位移监测模块发送第三报警信息。具体按照上述的公式计算监测点的水平位移 Δx 、 Δy ,在此不再赘述。

[0038] 进一步的,所述北斗定位单元发送的定位信息包括监测点的坐标位置信息。

[0039] 进一步的,还包括如下步骤:

当相邻监测点的相对位移超过一预定阈值且达到一定数量发出警告时,对所述监测点模块和监测点模块支撑杆进行维修或更换。

[0040] 综上所述,本发明提供了一种基于北斗定位的边坡水平位移监测系统和方法,该系统包括:多个监测点模块、监测点模块支撑杆、支撑杆固定单元、已知基准点和位移监测模块;多个监测点模块等间距固定设置在所述监测点模块支撑杆上;监测点模块支撑杆由所述支撑杆固定单元固定在所述边坡上;位移监测模块每隔一定时间间隔接收所述北斗定位单元发送的定位信息,计算并记录相应监测点的每次水平位移和累积水平位移;记录所述累积水平位移超过第一阈值时的数量,当该数量达到第二阈值时所述位移监测模块发送第一报警信息。该方法根据上述系统测量并计算获得每个监测点的水平位移,以此来判断边坡的水平位移情况。

[0041] 本发明的有益效果是:

1、该监测系统采用北斗定位单元和一般定位测量器件相结合进行边坡水平位移的监控,在边坡水平位移量较小的情况下由北斗定位单元进行监控,在边坡水平位移量不断增大的情况下由人工测量进行监控,既能提高效率,又节约了成本。

[0042] 2、该监测系统仅需一次安装,测量和计算水平位移是无需爬坡或进行测斜仪的操作,安装简单,操作方便。

[0043] 3、该监测系统设置有相邻监测点模块的相对位移监测,方便监控监测点模块的现场情况。

[0044] 4、采用求导的方式进行水平位移的计算,提高了水平位移监测的精度。

[0045] 应当理解的是,本发明的上述具体实施方式仅仅用于示例性说明或解释本发明的原理,而不构成对本发明的限制。因此,在不偏离本发明的精神和范围的情况下所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。此外,本发明所附权利要求旨在涵盖落入所附权利要求范围和边界、或者这种范围和边界的等同形式内的全部变化和修改例。

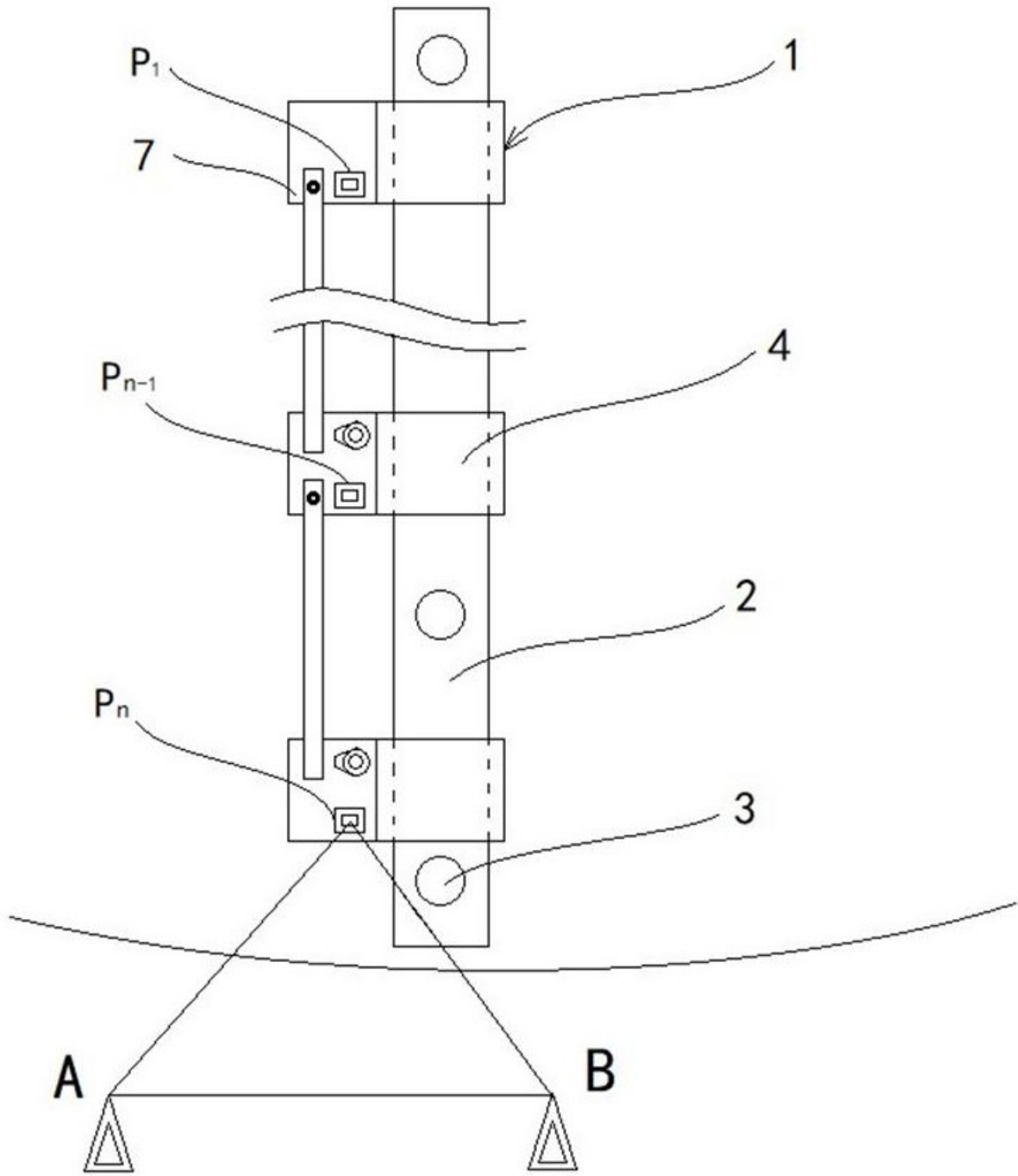


图1

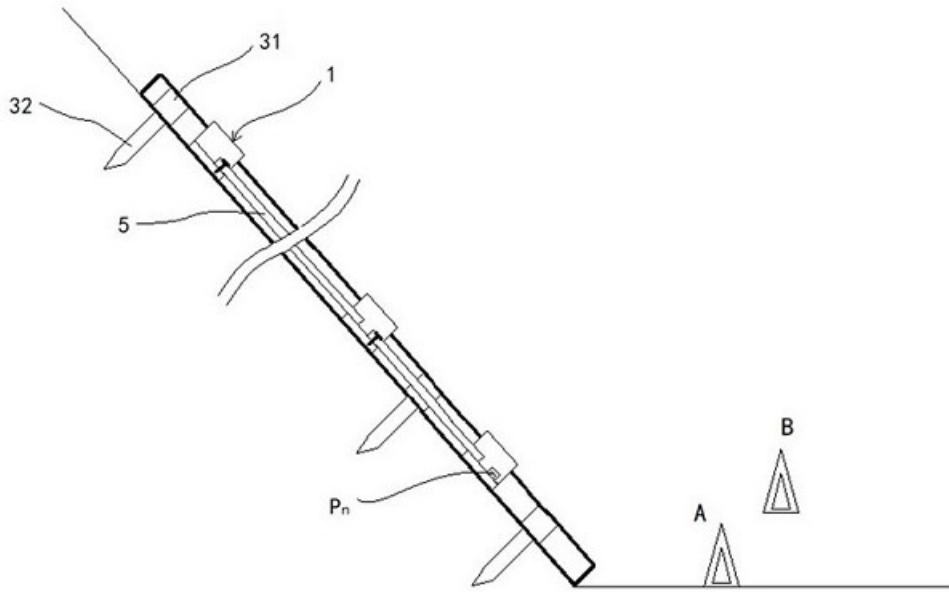


图2

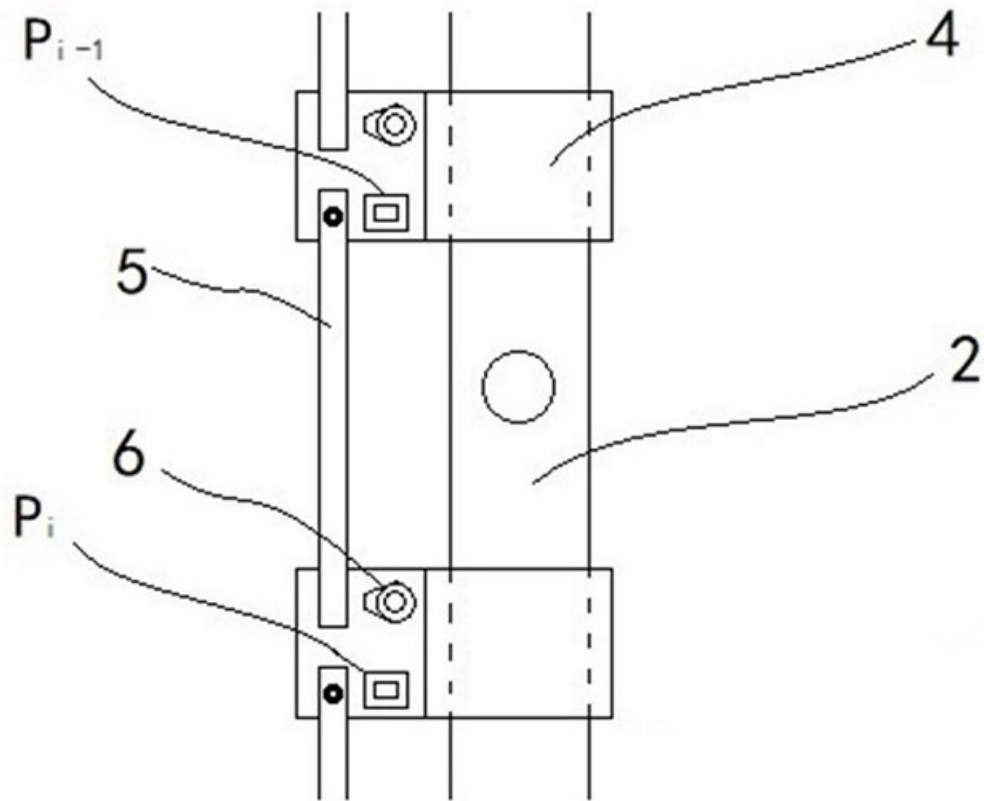


图3

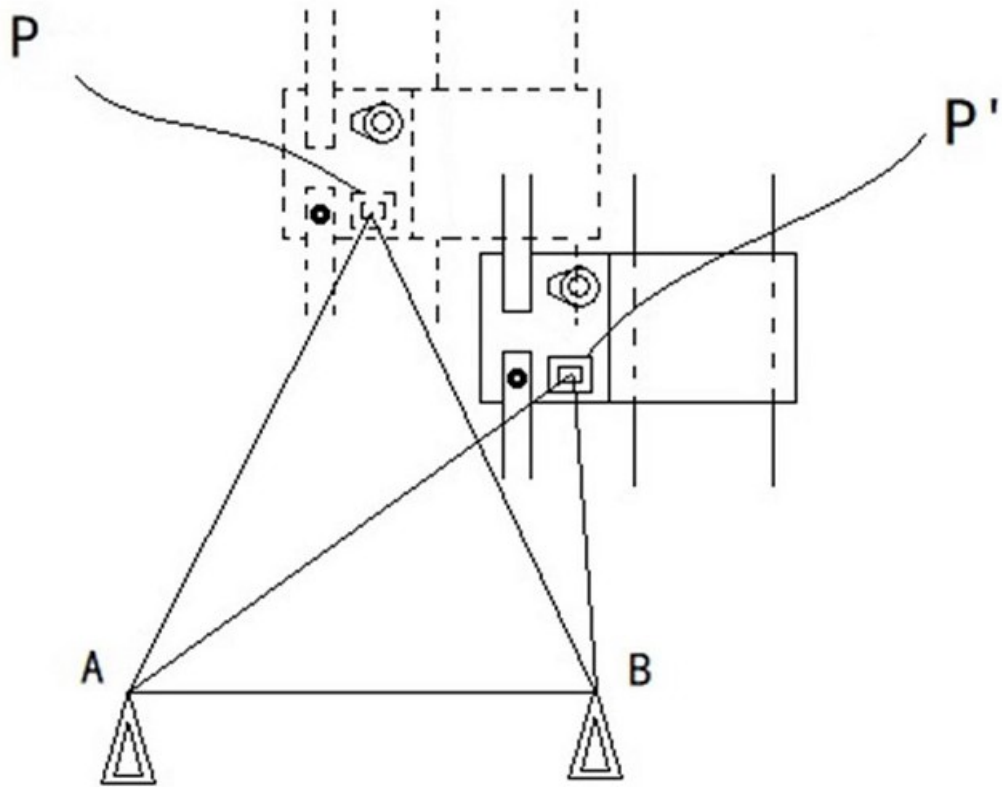


图4

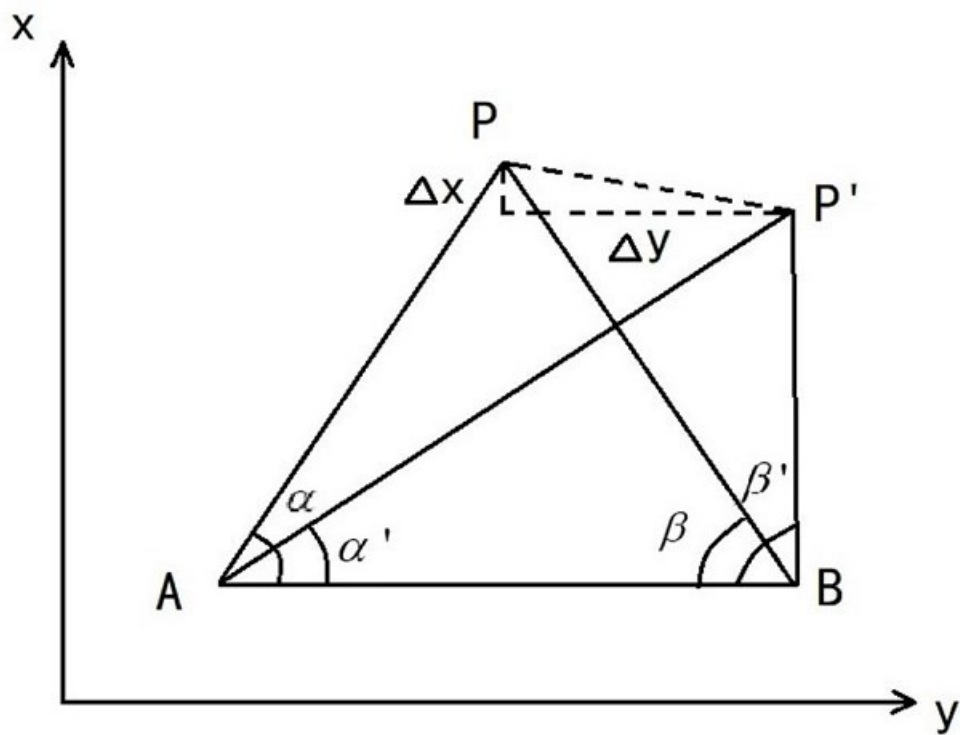


图5

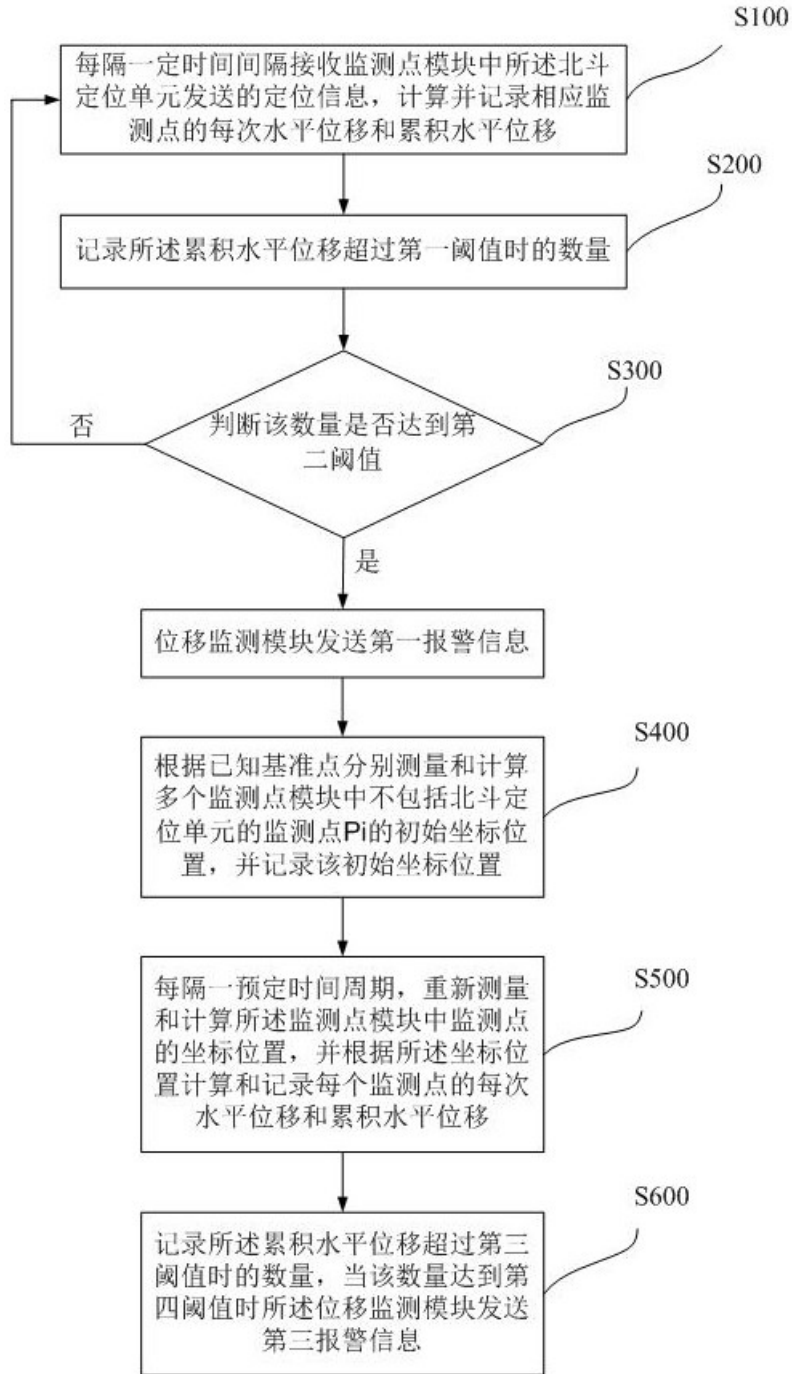


图6