

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102589523 A

(43) 申请公布日 2012.07.18

(21) 申请号 201110004206.8

G01C 11/28(2006.01)

(22) 申请日 2011.01.11

(71) 申请人 香港理工大学深圳研究院

地址 518054 广东省深圳市南山区高新技术  
产业园粤兴一道 18 号香港理工大学产  
学研大楼 326

(72) 发明人 倪一清 韦大同 余智伟

(74) 专利代理机构 深圳市睿智专利事务所

44209

代理人 陈鸿荫

(51) Int. Cl.

G01C 11/00(2006.01)

G01C 11/02(2006.01)

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 3 页

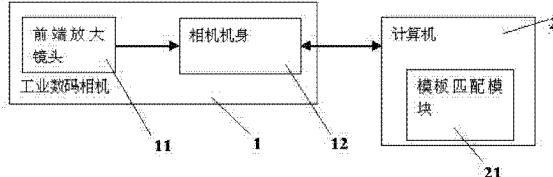
(54) 发明名称

远距离监测建筑物位移的方法和所用装备

(57) 摘要

一种远距离监测建筑物位移方法，基于包括工业数码相机和计算机的远距离监测建筑物位移的装备，在离被监测建筑物距离 d 处放置好工业数码相机，选定被监测建筑物上的观测点；标定此时数码相机成像的像素与实际距离的比例值和采样周期；摄取观测点的图像，传送至计算机中；对其处理为目标点模板图像后存贮；所述工业数码相机连续、循环摄取被监测建筑的观测目标点的图像，送到计算机中；计算机依次对摄取的图像处理后，与预先存贮的目标点模板图像进行比较和计算，即得到被测目标点的水平和 / 或垂直的位移值，也得到该监测建筑物上部的水平和 / 或垂直的位移值。本发明的有益效果是：可以在远距离、非接触的条件下，对结构进行位移监测、

A 测量精度高；装备携带方便且成本低。



1. 一种远距离监测建筑物位移的方法, 基于包括工业数码相机(1)和计算机(2)的远距离监测建筑物位移的装备, 其特征在于包括如下步骤:

A. 在离被监测建筑物距离  $d$  处放置好工业数码相机(1), 调节所述数码相机(1)、选定被监测建筑物上的观测点;

B. 用安装在所述计算机(2)内的模板匹配模块(21)标定此时数码相机(1)成像的像素与实际距离的比例值, 设定数码相机(1)采样周期;

C. 用工业数码相机(1)摄取被监测建筑物上观测点的图像, 将该观测点的图像传送至计算机(2)中;

D. 所述模板匹配模块(21)对观测点的图像处理为目标点模板图像后存贮在该计算机(2)中;

E. 所述工业数码相机(1)按计算机(2)送来的采样周期指令, 连续、循环摄取被监测建筑的观测目标点的图像, 送到计算机(2)中;

F. 所述计算机(2)中的模板匹配模块(21)依次对步骤 E 中摄取的图像处理后, 与预先存贮的目标点模板图像进行比较和计算, 即得到被测目标点的水平和 / 或垂直的位移值, 也得到该监测建筑物水平和 / 或垂直的位移值。

2. 按照权利要求 1 所述的远距离监测建筑物位移的方法, 其特征在于:

所述工业数码相机(1)只是将图像的灰度值送至计算机(2)中。

3. 按照权利要求 1 所述的远距离监测建筑物位移方法, 其特征在于:

所述工业数码相机(1)包括带前端放大镜头(11)和相机机身(12), 该前端放大镜头(11)是长焦镜头。

4. 按照权利要求 1 所述的远距离监测建筑物位移的方法, 其特征在于:

所述工业数码相机(1)采用无线或有线方式与所述计算机(2)交互信息。

5. 按照权利要求 1 所述的远距离监测建筑物位移的方法, 其特征在于:

所述步骤 C 中“所述计算机(2)中的模板匹配软件地对所述目标点的图像处理为目标点模板图像后存贮在计算机(2)中”还包括如下步骤:

C1. 截取图像中的目标点部分, 进行基于伪随机序列的图像处理, 得到分布均匀的子像素点, 即为模板点图像, 存贮在计算机中;

C2. 基于相关性标准采样所述目标点子像素点的邻域, 进行稳定性分析。

6. 按照权利要求 5 所述的远距离监测建筑物位移的方法, 其特征在于:

步骤 C2 中所述的“目标点子像素点的邻域”包括  $3 \times 3$  和 / 或  $5 \times 5$  区域。

7. 按照权利要求 1 所述的远距离监测建筑物位移的方法, 其特征在于:

步骤 F 所述的“所述计算机(2)中的模板匹配模块(21)依次对步骤 E 中摄取的图像处理后, 与预选存贮的目标点模板图像进行比较和计算, 即而得到被测目标点的水平和 / 或垂直的位移值, 也即得到该监测建筑物的水平和 / 或垂直的位移值”还包括如下步骤:

F1. 确定步骤 E 中摄取的图像中的观测点的图像坐标, 与预先存贮的目标点模板图像中的同一观测点的图像坐标进行比较, 得出两者间的像素差;

F2. 步骤 B 中标定的像素与实际距离的比例值, 计算出被监测建筑物的水平和 / 或垂直位移值。

8. 一种远距离监测建筑物位移的装备, 其特征在于:

包括工业数码相机(1)、计算机(2)和设置在该计算机(2)内的模板匹配模块(21)；所述工业数码相机(1)电连接至计算机(2)；用所述工业数码相机(1)摄取被监测建筑的观测目标点的图像，并将所述图像传送至计算机(2)中；

所述计算机(2)通过位于其内的模板匹配模块(21)控制工业数码相机(1)采集被观测点图像的频率，并对采样得到的图像进行处理，与预先处理和贮存的目标点模板图像比较和计算，继而显示或输出被监测建筑的水平和 / 或垂直的位移值和 / 或图像。

9. 按照权利要求 8 所述远距离监测建筑物位移的装备，其特征在于：

所述工业数码相机(1)包括带前端放大镜头(11)和相机机身(12)，该前端放大镜头(11)是长焦镜头。

10. 按照权利要求 8 所述远距离监测建筑物位移的装备，其特征在于：

所述工业数码相机(1)电连接至计算机(2)的方式包括有线或无线方式。

11. 按照权利要求 8 所述远距离监测建筑物位移的装备，其特征在于：

还包括选择性安装在被监测建筑物上、作为观测点的点发光体，该点发光体包括 LED 灯。

## 远距离监测建筑物位移的方法和所用装备

[0001] 技术领域 本发明涉及摄影测量术,尤其涉及使用摄影器材远距离监测建筑物位移的方法和所用装备。

[0002] 背景技术 针对大型建筑物整体沉降和其部分结位移的监测,现有技术通过加速度传感器、位移传感器监测并得到位移数据。近年来随着 GPS(全球定位系统)硬件和软件技术的发展,利用动态 GPS 技术监测高耸结构的动态特性也开始得到应用。但是现有技术借助加速度传感器或位移传感器的方式,受到建筑物结构外部环境的限制,有时无法正常使用。

[0003] 利用动态 GPS 技术监测高耸结构的动态特性,还受到如:多路径效应,卫星可视性条件,卫星几何图形强度变化,区域电子干扰等诸多因素的影响致使其效能降低。同时,使用 GPS 的成本较高,不经济。

[0004] 中国专利“ZL01129069”名为“多目标大型结构二维位移远程测量方法及其设备”是通过激光束的方法,基准单元发出特定波长的激光束到固定在被测结构上的靶台单元的靶面;靶台单元用其中的 CCD(电荷耦合二极管)器件摄录所述激光束,并对所述激光束的二维位置和形状进行数字化处理,然后将这些数字信号用微波传送到主控机单元;主控机单元对所接收的数字信号进行解调,并根据解调的数字信号计算出所述结构的二维位移,再对所述激光束的二维位置和形状进行数字化处理,并根据解调的数字信号计算出所述结构的二维位移。该方案解决了现有技术的远距离监测大型结构位移的问题,但该方案采用了激光,如果空气中干扰物过多,势必影响激光传播,进而影响监测效果。而且该方案的有调制与解调过程,也会产生较大测量误差。

[0005] 中国专利“ZL00204386”名为“结构竖向相对位移自动测量装置”则是提供了一种用于自动测量土木工程基础不均匀沉降和其他相对竖向位移的仪器装置,该装置利用液体液面的水平性质,通过一组安装在建筑物(或构筑物)基础上的连通管道,由不同位置的液面标高,计算基础的不均匀沉降和相关竖向位移。各测量点上液面的标高,可在现场直接读出,也可采用在液面附近加电阻器件的方法,通过电路远距离监测。该方案解决了现有技术的大型结构的竖向位移或沉降的监测问题,但不能监测其横向位移,不适用于高层建筑横向位移的监测。

[0006] 发明内容 本发明要解决的技术问题在于避免上述现有技术的不足之处而提出一种远距离监测建筑物位移的方法和所用装备,解决了现有技术监测建筑物(或构筑物)位移导致成本过高、不易实现和精度不够等问题。

[0007] 本发明为解决上述技术问题而提出的技术方案是,一种远距离监测建筑物位移方法,基于包括工业数码相机和计算机的远距离监测建筑物位移装备,实施如下步骤:

A. 在离被监测建筑物距离 d 处放置好工业数码相机,调节所述数码相机、选定被监测建筑物上的观测点;

B. 用安装在所述计算机内的模板匹配模块标定此时数码相机成像的像素与实际距离的比例值,设定数码相机采样周期;

C. 用工业数码相机摄取被监测建筑物上观测点的图像,将该观测点的图像传送至计算

机中；

D. 所述模板匹配模块对观测点的图像处理为目标点模板图像后存贮在该计算机中；

E. 所述工业数码相机按计算机送来的采样周期指令，连续、循环摄取被监测建筑的观测目标点的图像，送到计算机中；

F. 所述计算机中的模板匹配模块依次对步骤 E 中摄取的图像处理后，与预先存贮的目标点模板图像进行比较和计算，即得到被测目标点的水平和 / 或垂直的位移值，也得到该监测建筑物水平和 / 或垂直的位移值。

[0008] 所述工业数码相机只是将图像的灰度值送至计算机中，其采用无线或有线方式与所述计算机交互信息。所述工业数码相机包括带前端放大镜头和相机机身，该前端放大镜头是长焦镜头。

[0009] 在所述步骤 C 中“所述计算机中的模板匹配软件地对所述目标点的图像处理为目标点模板图像后存贮在计算机中”还包括如下步骤：

C1. 截取图像中的目标点部分，进行基于伪随机序列的图像处理，得到分布均匀的子像素点，即为模板点图像，存贮在计算机中；

C2. 基于相关性标准采样所述目标点子像素点的邻域，进行稳定性分析。

[0010] 在步骤 C2 中所述的“目标点子像素点的邻域”包括  $3 \times 3$  和 / 或  $5 \times 5$  区域。所述伪随机序列包括 Halton 序列、Sobol 序列、Faure 序列和 Niederreiter 序列等。

[0011] 步骤 F 所述的“所述计算机中的模板匹配模块依次对步骤 E 中摄取的图像处理后，与预选存贮的目标点模板图像进行比较和计算，即而得到被测目标点的水平和 / 或垂直的位移值，也即得到该监测建筑物的水平和 / 或垂直的位移值”还包括如下步骤：

F1. 确定步骤 E 中摄取的图像中的观测点的图像坐标，与预先存贮的目标点模板图像中的同一观测点的图像坐标进行比较，得出两者间的像素差；

F2. 步骤 B 中标定的像素与实际距离的比例值，计算出被监测建筑物的水平和垂直位移值。

[0012] 以上涉及“模板匹配”的概念是要判定搜索图像中是否存在某一目标物，可以实现将该目标物从标准图像中分割出来，以矩阵形式表示成代表该目标物的样板，该样板就称为模板。根据该模板与一副图像的各部分的相识度，判定其是否存在，并求得目标物在图像中的位置，这一操作就叫模板匹配。

[0013] 模板匹配最基本的方法是通过“相关函数”找到它在被搜索图像中的坐标位置。

[0014] 在计算“相关函数”的基础上，又提出了“归一化的自相关函数”，可以达到更精确的匹配，提高匹配过程中的冗余性。

[0015] 因为模板匹配计算量大，所以转而进行目标物特征(特征点)的匹配。特征点包括边缘点、交界点和拐点等。

[0016] 本发明为解决上述技术问题还提供一种远距离监测建筑物位移的装备，包括工业数码相机、计算机和设置在该计算机内的模板匹配模块；所述工业数码相机电连接至计算机；用所述工业数码相机摄取被监测建筑的观测目标点的图像，并将所述图像传送至计算机中。

[0017] 所述计算机通过位于其内的模板匹配模块控制工业数码相机采集被观测点图像的频率，并对采样得到的图像进行处理，与预先处理和贮存的目标点模板图像比较和计算，

继而显示或输出被监测建筑的水平和 / 或垂直的位移值和 / 或图像。

[0018] 所述工业数码相机包括带前端放大镜头和相机机身,该前端放大镜头是长焦镜头。

[0019] 所述工业数码相机电连接至计算机的方式包括有线或无线方式。

[0020] 所述装备还包括选择性安装在被监测建筑物上、作为观测点的点发光体,该点发光体包括 LED 灯。

[0021] 同现有技术相比,本发明的有益效果是:采用本发明的方法和所用装备,可在远距离非接触的情况下监测结构的位移、测量精度高;能够实时显示结构物的位移变形,并可对所得的数据做进一步处理;具有高采样率。可根据实际需求调节采样频率,目前该系统所用的工业数码相机采样频率可高达 60Hz,比 GPS 要高很多。整个系统组成简单,重量轻,携带方便;价格低。相对于激光扫描仪、高精度 GPS 等,该装置价格要低很多,且操作简单。

[0022] 附图说明 图 1 是本发明远距离监测建筑物位移的方法和所用装备之优选实施例中装备的结构示意的图;

图 2 是所述优选实施例的工作流程示意图;

图 3 是所述优选实施例的模板匹配模块的工作流程示意图;

图 4 是本发明之优选实施例中用于监测 h 高度的高层建筑物的使用示意图;

图 5 是本发明之优选实施例用于监测桥梁时的使用示意图。

[0023] 具体实施方式 下面,结合附图所示之优选实施例进一步阐述本发明。

[0024] 参见图 1 至 5,本发明的优选实施是一种远距离监测建筑物位移方法,基于包括工业数码相机和计算机的远距离监测建筑物位移装备,实施如下步骤:

A. 在离被监测建筑物距离 d 处放置好工业数码相机 1, 调节所述数码相机 1、选定被监测建筑物上的观测点;

B. 用安装在所述计算机 2 内的模板匹配模块 21 标定此时数码相机 1 成像的像素与实际距离的比例值,设定数码相机 1 采样周期;

C. 用工业数码相机 1 摄取被监测建筑物上观测点的图像,将该观测点的图像传送至计算机 2 中;

D. 所述模板匹配模块 21 对观测点的图像处理为目标点模板图像后存贮在该计算机 2 中;

E. 所述工业数码相机 1 按计算机 2 送来的采样周期指令,连续、循环摄取被监测建筑的观测目标点的图像,送到计算机 2 中;

F. 所述计算机 2 中的模板匹配模块 21 依次对步骤 E 中摄取的图像处理后,与预先存贮的目标点模板图像进行比较和计算,即得到被测目标点的水平和 / 或垂直的位移值,也得到该监测建筑物上部的水平和 / 或垂直的位移值。

[0025] 所述工业数码相机 1 只是将图像的灰度值送至计算机 2 中。

[0026] 所述工业数码相机 1 包括带前端放大镜头 11 和相机机身 12,该前端放大镜头 11 是长焦镜头。该工业数码相机 1 采用无线或有线方式与所述计算机 2 交互信息。

[0027] 所述步骤 C 中“所述计算机 2 中的模板匹配软件地对所述目标点的图像处理为目标点模板图像后存贮在计算机 2 中”还包括如下步骤:

C1. 截取图像中的目标点部分,进行基于伪随机序列的图像处理,得到分布均匀的子像

素点,即为模板点图像,存贮在计算机中;

C2. 基于相关性标准采样所述目标点子像素点的邻域,进行稳定性分析。

[0028] 步骤 C2 中所述的“目标点子像素点的邻域”包括  $3 \times 3$  和 / 或  $5 \times 5$  区域。所述伪随机序列包括 Halton 序列、Sobol 序列、Faure 序列和 Niederreiter 序列。

[0029] 步骤 F 所述的“所述计算机 2 中的模板匹配模块 21 依次对步骤 E 中摄取的图像处理后,与预选存贮的目标点模板图像进行比较和计算,即而得到被测目标点的水平和 / 或垂直的位移值,也即得到该监测建筑物的水平和 / 或垂直的位移值”还包括如下步骤:

F1. 确定步骤 E 中摄取的图像中的观测点的图像坐标,与预先存贮的目标点模板图像中的同一观测点的图像坐标进行比较,得出两者间的像素差;

F2. 步骤 B 中标定的像素与实际距离的比例值,计算出被监测建筑物的水平和 / 或垂直位移值。

[0030] 以上涉及“模板匹配”的概念是要判定搜索图像中是否存在某一目标物,可以实现将该目标物从标准图像中分割出来,以矩阵形式表示成代表该目标物的样板,该样板就称为模板。根据该模板与一副图像的各部分的相识度,判定其是否存在,并求得目标物在图像中的位置,这一操作就叫模板匹配。

[0031] 模板匹配最基本的方法是通过“相关函数”找到它在被搜索图像中的坐标位置。

[0032] 在计算“相关函数”的基础上,又提出了“归一化的自相关函数”,可以达到更精确的匹配,提高匹配过程中的冗余性。

[0033] 因为模板匹配计算量大,所以转而进行目标物特征(特征点)的匹配。特征点包括边缘点、交界点和拐点等。

[0034] 本发明为解决上述技术问题还提供一种远距离监测建筑物位移的装备,包括工业数码相机 1、计算机 2 和设置在该计算机 2 内的模板匹配模块 21;所述工业数码相机 1 电连接至计算机 2;用所述工业数码相机 1 摄取被监测建筑的观测目标点的图像,并将所述图像传送至计算机 2 中。

[0035] 所述计算机 2 通过位于其内的模板匹配模块 21 控制工业数码相机 1 采集被观测点图像的频率,并对采样得到的图像进行处理,与预先处理和贮存的目标点模板图像比较和计算,继而显示或输出被监测建筑的水平和 / 或垂直的位移值或图像。

[0036] 所述工业数码相机 1 包括带前端放大镜头 11 和相机机身 12,该前端放大镜头 11 是长焦镜头。该工业数码相机 1 电连接至计算机 2 的方式包括有线或无线方式。

[0037] 该实施例的装备还包括选择性安装在被监测建筑物上、作为观测点的点发光体,该点发光体包括 LED 灯。

[0038] 实际应用中影响本装置测量精度的因素主要包括以下几点:

1) 工业数码相机像素。这是影响精度的最直接因素,像素越高,实际分辨率越高,测量精度也就越高。然而,像素越高意味着成本越高。

[0039] 2) 镜头放大倍率。这个影响因素和像素道理一样。可根据实际需求合理选择前端镜头 11。

[0040] 3) 测量距离。观测点与镜头的距离越远,每个像素代表的实际长度就越大,实际精度就越低。例如,相机的像素为 2458 (水平)  $\times$  2058 (垂直),假使在 100 米远距离垂直方向实际距离是 400 毫米,那么系统在垂直方向上的实际分辨率就是  $400/2048 = 0.19$  毫米

/ 每个像素点 ; 在 200 米远距离实际分辨率就是  $2 \times 400 / 2048 = 0.38$  毫米 / 每个像素点。

[0041] 对策 : 在实际测量中, 使观测点与镜头直接的距离尽量缩小。

[0042] 4) 测量角度。如果观测点所要测量的运动方向与镜头的夹角太小, 根据三角关系变换之后误差就相当大。(在测量高层建筑物时, 因为电视塔高度太高, 数码相机仰角太大, 与垂直方向的夹角太小, 导致这个方向的测量误差非常大。所以, 测量中垂直方向的数据不用) 对策 : 在实际测量中, 使观测点所要测量的运动方向尽可能与镜头垂直。

[0043] 5) 工业数码相机固定方式。如果固定的不好, 数码相机本身发生移动, 将直接导致错误的测量结果。

[0044] 对策 : 对于长期监测, 可做固定墩的方式将工业数码相机固定在一个地方 ; 对于临时测量, 可利用沙袋等固定三脚架。

[0045] 6) 工业数码相机周围环境。附近如果有车辆或者较重的移动物, 都可以使数码相机产生振动从而增大测量误差 ; 阵风是另外一个很大影响因素。

[0046] 对策 : 尽量远离道路, 较少周围交通因素影响 ; 尽量找避风的地方固定相机, 或者寻找其他挡风设备。

[0047] 7) 观测点与周围环境对比度。由于观测点周围环境也可能产生变换, 从而改变了观测点与周围环境的对比度, 这样可能造成系统识别不到观测点的情况或者找错观测点。

[0048] 为此, 可在监测的建筑物选择性安点发光体作为观测点, 例如 LED 灯, 提高测量精度。使用点发体如 LED 灯等作标靶, 使观测点可以与周围环境区分开, 便于匹配。

[0049] 8) 工业数码相机与观测点之间环境光线变化。在多次测量中, 发现光线变化也可以影响测量结果, 特别是一整天的测量中, 如果太阳光直接对着镜头影响较大。

[0050] 对策 : 尽量不把工业数码摄像机和镜头直接暴露的太阳光中测量, 尽量使镜头与观测点直接的光线保持不变。

[0051] 9) 工业数码相机与目标点之间环境湿度影响。镜头与观测点之间空气湿度的变化也会引起测量误差, 特别是在地面测量时, 上午随着气温的升高地面水蒸气上升的时候。

[0052] 对策 : 尽量避开。

[0053] 10) 工业数码相机与观测点之间环境灰尘等影响。镜头与目标点之间空气中如果灰尘太多也会引起测量误差。

[0054] 对策 : 尽量避开。

[0055] 本发明方法试用于监测深圳证券交易所的施工、监测香港青马大桥桥面垂直方向位移、香港汀九大桥斜拉索水平位移, 均能正确反映结构的实际位移情况。在监测广州塔时, 同时运用了 GPS 对其进行位移监测。经过数据比较, 在时域上, GPS 由于自身的缺陷, 存在不规则噪音, 利用本发明方法可以校核去除这些不规则噪音, 得到更为合理的测量结果。

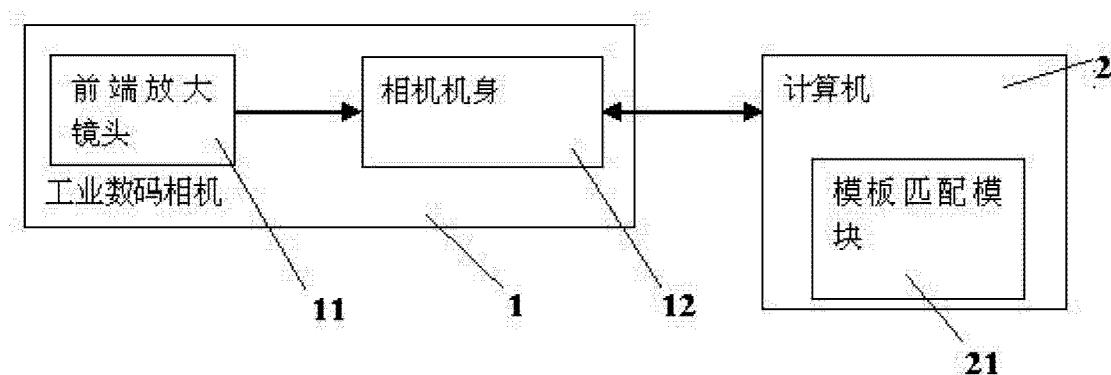


图 1

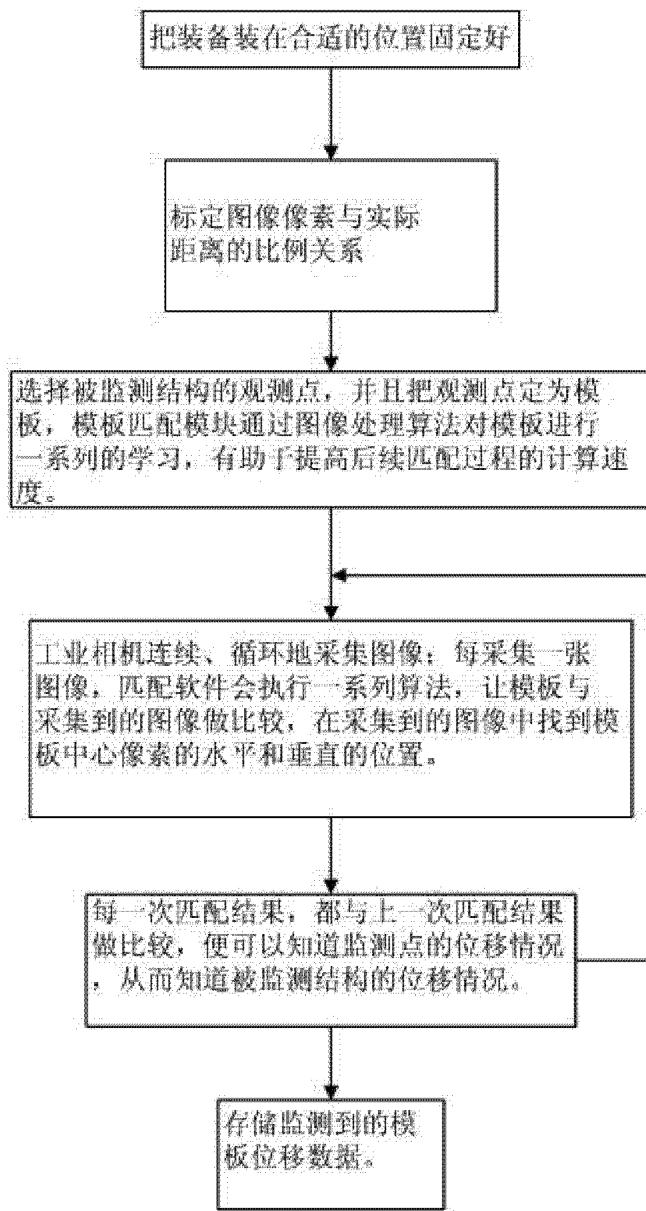


图 2

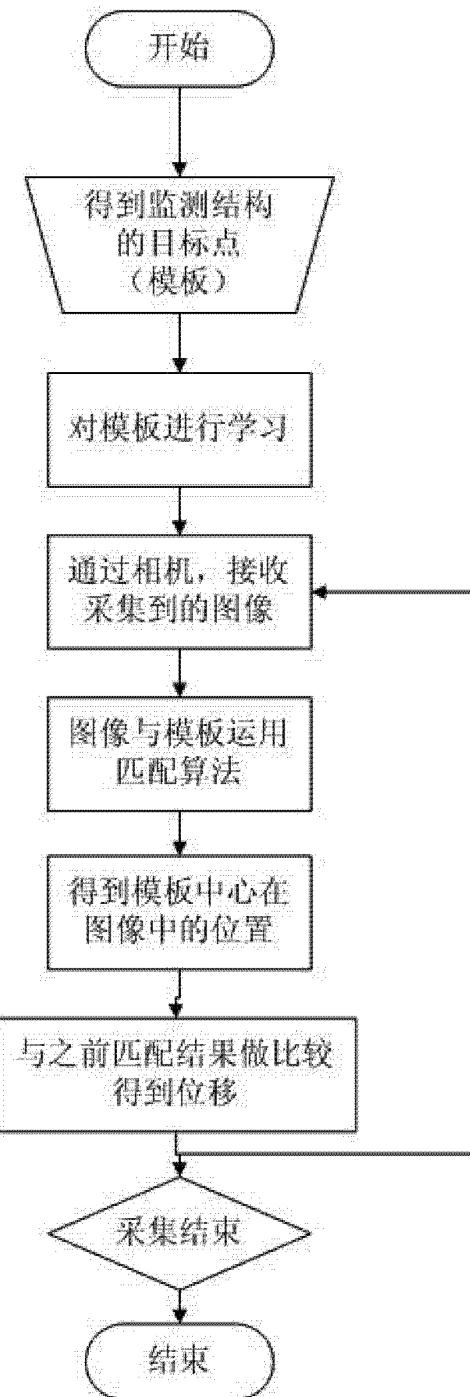


图 3

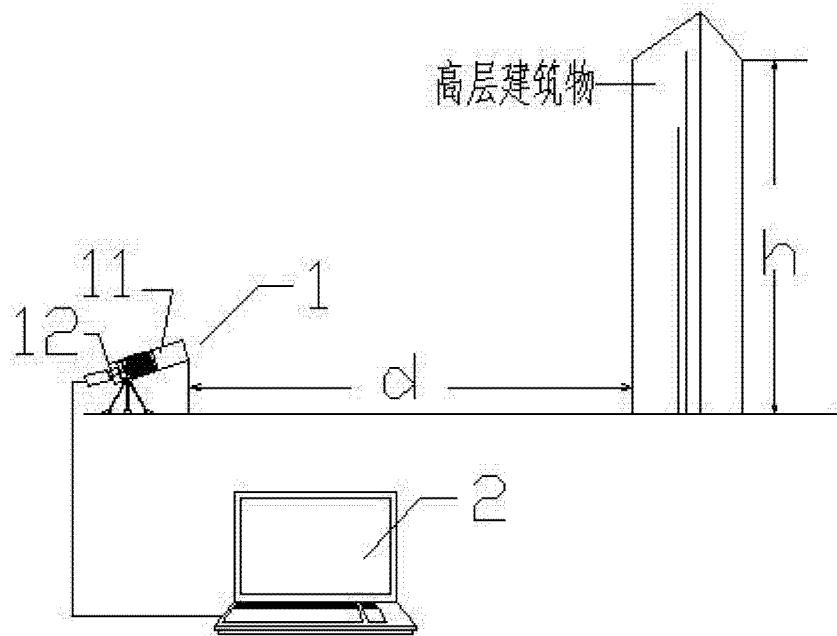


图 4

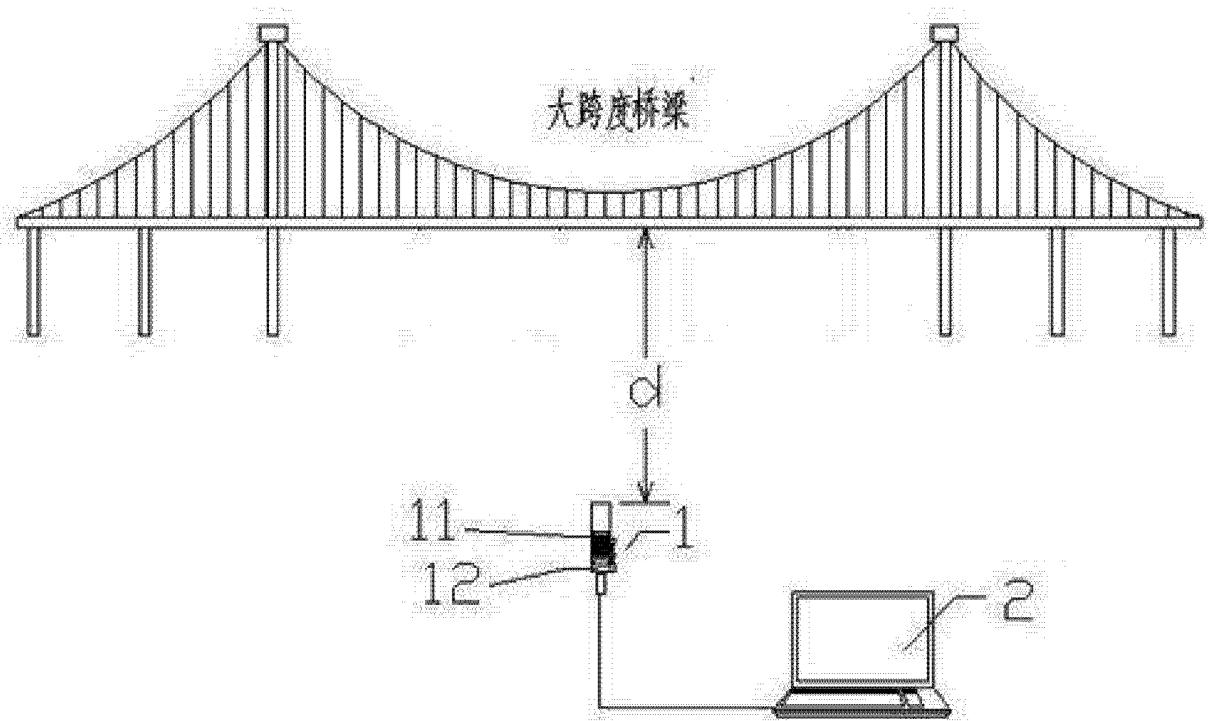


图 5