



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109406525 B

(45) 授权公告日 2023.06.16

(21) 申请号 201810971346.4

(22) 申请日 2018.08.24

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109406525 A

(43) 申请公布日 2019.03.01

(73) 专利权人 辽宁省交通规划设计院有限责任
公司

地址 110166 辽宁省沈阳市和平区丽岛路
42号

(72) 发明人 张冠华 崔凯华 王超 武旭娟
王秋实 王佳伟 韩基刚 鲁薇薇
李万德 吴宪锴 郭东升 李文全

(74) 专利代理机构 北京中强智尚知识产权代理
有限公司 11448
专利代理师 黄耀威

(56) 对比文件

CN 108106801 A, 2018.06.01

CN 105798909 A, 2016.07.27

CN 106127745 A, 2016.11.16

CN 106645205 A, 2017.05.10

CN 106677037 A, 2017.05.17

CN 106971408 A, 2017.07.21

CN 107063129 A, 2017.08.18

CN 1975324 A, 2007.06.06

CN 206563562 U, 2017.10.17

刘国华.《HALCON数字图像处理》.西安电子
科技大学出版社,2018,(第1版),第128-131页.
肖长礼;李小重;冀孟恩;.移动快速悬臂式
桥梁安全智能视频检测系统研究.中国公路
.2016,(第01期),第134-135页.

审查员 叶泽立

(51) Int. Cl.

G01N 21/88 (2006.01)

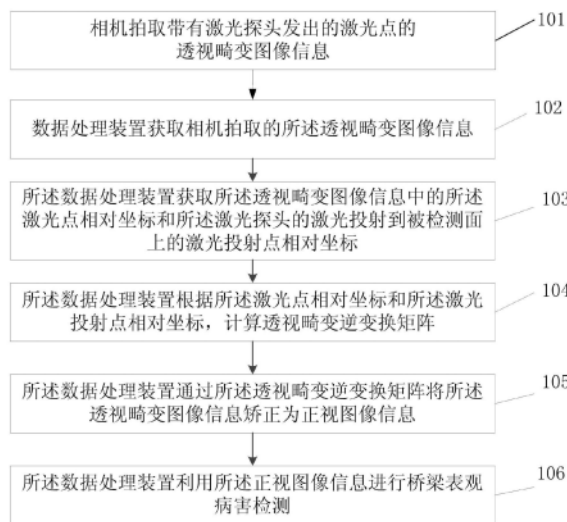
权利要求书3页 说明书18页 附图7页

(54) 发明名称

桥梁表观病害的检测系统及其检测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种桥梁表观病害的检测系统及其检测方法,涉及桥梁表观病害检测技术领域,主要目的是使得桥梁表观病害检测的操作更加简单方便,提高工作效率以及施工安全性。本发明的主要技术方案为:该系统包括双轴运动机构,包括水平旋转部和设置于水平旋转部上的垂直旋转部;相机,设置于垂直旋转部,相机包括镜头,镜头的外周阵列环绕布置有至少四个激光探头,镜头上设置有激光测距传感器,四个激光探头的激光发射方向和激光测距传感器的激光发射方向分别与镜头的光轴方向平行且均位于同一侧;以及数据处理装置,分别与双轴运动机构、相机和激光测距传感器电连接。本发明主要用于桥梁表观病害的检测。



1. 一种桥梁表观病害的检测系统,其特征在于,包括:

双轴运动机构,所述双轴运动机构包括水平旋转部和设置于所述水平旋转部上的垂直旋转部;

相机,所述相机设置于所述垂直旋转部,所述相机包括镜头,所述镜头的外周阵列环绕布置有至少四个激光探头,所述镜头上设置有激光测距传感器,四个所述激光探头的激光发射方向和所述激光测距传感器的激光发射方向分别与所述镜头的光轴方向平行且均位于同一侧,所述相机用于拍取带有四个所述激光探头投射点的图像信息;以及

数据处理装置,所述数据处理装置分别与所述双轴运动机构、所述相机和所述激光测距传感器电连接,用于获取所述相机拍取的图像信息、所述激光测距传感器测得的距离信息和所述双轴运动机构的运动信息并进行相应处理;

所述桥梁表观病害的检测方法,包括:

相机拍取带有激光探头发出的激光点的透视畸变图像信息;

数据处理装置获取所述相机拍取的所述透视畸变图像信息;

所述数据处理装置获取所述透视畸变图像信息中的所述激光点相对坐标和所述激光探头的激光投射到被检测面上的激光投射点相对坐标;

所述数据处理装置根据所述激光点相对坐标和所述激光投射点相对坐标,计算透视畸变逆变换矩阵;

所述数据处理装置通过所述透视畸变逆变换矩阵将所述透视畸变图像信息矫正为正视图像信息,并利用所述正视图像信息进行桥梁表观病害检测;

所述数据处理装置获取所述激光探头的激光投射到被检测面上的激光投射点相对坐标,包括:

建立被检测面所在的空间直角坐标系,且所述被检测面分别与所述空间直角坐标系的X轴正方向、Y轴正方向和Z轴正方向相交于一点,其中,Z轴正方向为所述镜头的光轴方向;

获取所述被检测面与所述Y轴的第一夹角参数、所述被检测面与所述X轴的第二夹角参数以及所述激光探头的相对位置坐标;

根据所述第一夹角参数、所述第二夹角参数和所述激光探头的相对位置坐标,计算所述激光投射点相对坐标。

2. 根据权利要求1所述的桥梁表观病害的检测系统,其特征在于,所述获取所述被检测面与所述Y轴的第一夹角参数,包括:

生成从所述空间直角坐标系的原点分别延伸至所述被检测面,且分别位于所述Y轴正方向和负方向的第一辅助线 and 第二辅助线,以及从所述第一辅助线与所述被检测面的交点延伸至所述第二辅助线的第三辅助线,其中,所述第一辅助线和所述第二辅助线与所述Z轴分别形成的夹角相等,所述第三辅助线与所述Y轴平行;

获取所述第一辅助线和第二辅助线之间的第三夹角参数,并利用激光测距传感器获取所述第一辅助线的第一长度参数和所述第二辅助线的第二长度参数;

根据所述第一长度参数、所述第二长度参数和所述第三夹角参数,利用第一预设公式计算所述第一辅助线和所述第二辅助线与所述被检测面的交点连线与所述第三辅助线之间的第四夹角参数,所述第四夹角参数为所述第一夹角参数;

所述第一预设公式为： $\gamma = \arccos\left(\frac{(ot + os) \sin \frac{\theta}{2}}{\sqrt{os^2 + ot^2 - 2 \cdot ot \cdot os \cdot \cos \theta}}\right)$ ，其中， γ 为第四夹角参数，

os 为第一长度参数， ot 为第二长度参数， θ 为第三夹角参数。

3. 根据权利要求1所述的桥梁表观病害的检测系统，其特征在于，所述获取所述被检测面与所述X轴的第二夹角参数，包括：

生成与所述Z轴具有第五夹角参数且位于坐标面YOZ上的辅助Z轴，从所述被检测面与所述X轴的交点延伸至所述辅助Z轴的第四辅助线，从所述空间直角坐标系的原点分别延伸至所述第四辅助线且分别位于所述X轴正方向和负方向的第五辅助线和第六辅助线，以及从所述第五辅助线与所述第四辅助线的交点延伸至所述第六辅助线的第七辅助线，其中，所述第五辅助线和所述第六辅助线与所述辅助Z轴分别形成的夹角相等，所述第七辅助线与所述X轴平行；

获取所述第五辅助线和所述第六辅助线之间的第六夹角参数，并利用激光测距传感器获取所述第五辅助线的第五长度参数和所述第六辅助线的第六长度参数；

根据所述第五长度参数、所述第六长度参数和所述第六夹角参数，利用第二预设公式计算所述第五辅助线和所述第六辅助线与所述第四辅助线的交点连线与所述第七辅助线之间的第七夹角参数，所述第七夹角参数等于所述第二夹角参数；

所述第二预设公式为： $\omega = \arccos\left(\frac{(ow + oh'') \sin \frac{\theta'}{2}}{\sqrt{ow^2 + oh''^2 - 2 \cdot ow \cdot oh'' \cdot \cos \theta'}}\right)$ ，其中， ω 为第七夹角

参数， oh'' 为第五辅助线， ow 为第六辅助线， θ' 为第六夹角参数。

4. 根据权利要求3所述的桥梁表观病害的检测系统，其特征在于，所述获取所述第五辅助线和所述第六辅助线之间的第六夹角参数，包括：

生成从所述Y轴的正方向依次分别延伸至所述第七辅助线两端点的第八辅助线和第九辅助线，其中，所述第八辅助线和第九辅助线所在的平面与坐标面YOZ垂直；

获取所述第五夹角参数以及所述第八辅助线和所述第九辅助线之间的第八夹角参数；

根据所述第五夹角参数和所述第八夹角参数，利用第三预设公式计算所述第六夹角参数；

所述第三预设公式为： $\theta' = 2 \arctan\left(\cos \varepsilon \tan \frac{\theta''}{2}\right)$ ，其中， θ' 为第六夹角参数， ε 为第五夹角

参数， θ'' 为第八夹角参数。

5. 根据权利要求1所述的桥梁表观病害的检测系统，其特征在于，所述根据所述第一夹角参数、所述第二夹角参数和所述激光探头的相对位置坐标，计算所述激光投射点相对坐标，包括：

利用所述激光测距传感器获取所述空间直角坐标系的原点与所述被检测面与所述Z轴交点之间的距离参数；

根据所述第一夹角参数、所述第二夹角参数和所述距离参数，利用三角函数关系和空间平面方程计算所述被检测面的方程；

根据所述激光探头的相对位置坐标，利用所述被检测面的方程计算与所述激光投射点

相对坐标相对应的位于所述被检测面上的空间坐标；

建立所述空间坐标的坐标点所在的平面直角坐标系，并以所述Z轴上的坐标点为原点，所述Z轴上的坐标点和与其相邻的坐标点构成的向量方向为X轴的正方向；

根据所述平面直角坐标系和所述空间坐标，利用向量运算关系和三角函数关系计算与所述激光探头的相对位置坐标相对应的位于所述被检测面上的平面坐标，所述平面坐标为所述激光投射点相对坐标。

6. 根据权利要求1所述的桥梁表观病害的检测系统，其特征在于，所述数据处理装置根据所述激光点相对坐标和所述激光投射点相对坐标，计算透视畸变逆变换矩阵，包括：

根据所述激光点相对坐标和所述激光投射点相对坐标，利用第四预设公式计算所述透视畸变逆变换矩阵；

所述第四预设公式为
$$\begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} a_{11}a_{12}\dots a_{1n} \\ a_{21}a_{22}\dots a_{2n} \\ a_{31}a_{32}\dots a_{3n} \\ a_{41}a_{42}\dots a_{4n} \end{Bmatrix} \bullet \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{Bmatrix}, \text{其中, } \begin{Bmatrix} a_{11}a_{12}\dots a_{1n} \\ a_{21}a_{22}\dots a_{2n} \\ a_{31}a_{32}\dots a_{3n} \\ a_{41}a_{42}\dots a_{4n} \end{Bmatrix} \text{为透视畸变逆变换}$$

矩阵， $\begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{Bmatrix}$ 为激光投射点相对坐标的坐标矩阵， $\begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{Bmatrix}$ 为相机拍取到透视畸变图像信息中激

光点相对坐标的坐标矩阵，n为大于零的正整数。

7. 根据权利要求1所述的桥梁表观病害的检测系统，其特征在于，所述数据处理装置通过所述透视畸变逆变换矩阵对所述透视畸变图像信息矫正为正视图像信息，并利用所述正视图像信息进行桥梁表观病害检测，包括：

通过所述透视畸变逆变换矩阵将所述透视畸变图像信息矫正为正视图像信息，并利用所述正视图像信息和所述激光投射点相对坐标进行桥梁表观病害检测。

8. 根据权利要求7所述的桥梁表观病害的检测系统，其特征在于，所述利用所述正视图像信息和所述激光投射点相对坐标进行桥梁表观病害检测，包括：

计算所述激光投射点相对坐标中任意两个坐标点之间的距离参数，并计数所述任意两个坐标点之间像素单元的数量参数；

将所述距离参数和所述像素单元的数量参数做除法运算，得到每个所述像素单元的尺寸参数；

根据所述正视图像信息中桥梁表观病害范围内所述像素单元的个数和每个所述像素单元的尺寸参数，确定所述正视图像信息中桥梁表观病害的尺寸信息。

桥梁表观病害的检测系统及其检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及桥梁表观病害检测技术领域,具体而言,涉及一种桥梁表观病害的检测系统及其检测方法。

背景技术

[0002] 桥梁表观病害的检测在桥梁检测中占有重要的地位,它以观测桥梁表观病害特征为主,包括观测桥梁的剥落、掉角、裂缝以及渗水泛碱等病害特征,并且检测结果要求给出桥梁病害的实际尺寸。

[0003] 目前,桥梁表观病害检测通常基于采用图像处理方式的非接触式桥梁表观病害检测方法,即利用可旋转的相机对桥梁表观进行旋转拍摄,由于相机旋转拍摄得到的图像信息会发生透视畸变,为了将发生透视畸变的图像信息矫正为正视图像信息,以便于病害的检测,现有技术中,通常由操作人员利用登高工具在桥梁的被检测面上贴设靶标,以通过靶标的相对坐标获取透视畸变逆变换矩阵,再通过该变换矩阵对透视畸变的图像信息进行矫正,然后利用矫正后的正视图信息进行病害的检测,操作不便,工作效率较低,施工安全性较低。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明实施例提供一种桥梁表观病害的检测系统及其检测方法,主要目的是使得桥梁表观病害检测的操作更加简单方便,提高工作效率以及施工安全性。

[0005] 为达到上述目的,本发明主要提供如下技术方案:

[0006] 一方面,本发明实施例提供了一种桥梁表观病害的检测系统,包括:

[0007] 双轴运动机构,所述双轴运动机构包括水平旋转部和设置于所述水平旋转部上的垂直旋转部;

[0008] 相机,所述相机设置于所述垂直旋转部,所述相机包括镜头,所述镜头的外周阵列环绕布置有至少四个激光探头,所述镜头上设置有激光测距传感器,四个所述激光探头的激光发射方向和所述激光测距传感器的激光发射方向分别与所述镜头的光轴方向平行且均位于同一侧,所述相机用于拍取带有四个所述激光探头投射点的图像信息;以及

[0009] 数据处理装置,所述数据处理装置分别与所述双轴运动机构、所述相机和所述激光测距传感器电连接,用于获取所述相机拍取的图像信息、所述激光测距传感器测得的距离信息和所述双轴运动机构的运动信息并进行相应处理。

[0010] 另一方面,本发明实施例还提供一种桥梁表观病害的检测方法,应用于前述的检测系统,包括:

[0011] 相机拍取带有激光探头发出的激光点的透视畸变图像信息;

[0012] 数据处理装置获取所述相机拍取所述透视畸变图像信息;

[0013] 所述数据处理装置获取所述透视畸变图像信息中的所述激光点相对坐标和所述激光探头的激光投射到被检测面上的激光投射点相对坐标;

[0014] 所述数据处理装置根据所述激光点相对坐标和所述激光投射点相对坐标,计算透视畸变逆变换矩阵;

[0015] 所述数据处理装置通过所述透视畸变逆变换矩阵将所述透视畸变图像信息矫正为正视图像信息,并利用所述正视图像信息进行桥梁表观病害检测。

[0016] 进一步地,所述数据处理装置获取所述激光探头的激光投射到被检测面上的激光投射点相对坐标,包括:

[0017] 建立被检测面所在的空间直角坐标系,且所述被检测面分别与所述空间直角坐标系的X轴正方向、Y轴正方向和Z轴正方向相交于一点,其中,Z轴正方向为所述镜头的光轴方向;

[0018] 获取所述被检测面与所述Y轴的第一夹角参数、所述被检测面与所述X轴的第二夹角参数以及所述激光探头的相对位置坐标;

[0019] 根据所述第一夹角参数、所述第二夹角参数和所述激光探头的相对位置坐标,计算所述激光投射点相对坐标。

[0020] 进一步地,所述获取所述被检测面与所述Y轴的第一夹角参数,包括:

[0021] 生成从所述空间直角坐标系的原点分别延伸至所述被检测面,且分别位于所述Y轴正方向和负方向的第一辅助线和第二辅助线,以及从所述第一辅助线与所述被检测面的交点延伸至所述第二辅助线的第三辅助线,其中,所述第一辅助线和所述第二辅助线与所述Z轴分别形成的夹角相等,所述第三辅助线与所述Y轴平行;

[0022] 获取所述第一辅助线和第二辅助线之间的第三夹角参数,并利用激光测距传感器获取所述第一辅助线的第一长度参数和所述第二辅助线的第二长度参数;

[0023] 根据所述第一长度参数、所述第二长度参数和所述第三夹角参数,利用第一预设公式计算所述第一辅助线和所述第二辅助线与所述被检测面的交点连线与所述第三辅助线之间的第四夹角参数,所述第四夹角参数为所述第一夹角参数;

[0024] 所述第一预设公式为: $\gamma = \arccos\left(\frac{(ot+os)\sin\frac{\theta}{2}}{\sqrt{os^2+ot^2-2\cdot ot\cdot os\cdot \cos\theta}}\right)$, 其中, γ 为第四夹角

参数, os 为第一长度参数, ot 为第二长度参数, θ 为第三夹角参数。

[0025] 进一步地,所述获取所述被检测面与所述X轴的第二夹角参数,包括:

[0026] 生成与所述Z轴具有第五夹角参数且位于坐标面YOZ上的辅助Z轴,从所述被检测面与所述X轴的交点延伸至所述辅助Z轴的第四辅助线,从所述空间直角坐标系的原点分别延伸至所述第四辅助线且分别位于所述X轴正方向和负方向的第五辅助线和第六辅助线,以及从所述第五辅助线与所述第四辅助线的交点延伸至所述第六辅助线的第七辅助线,其中,所述第五辅助线和所述第六辅助线与所述辅助Z轴分别形成的夹角相等,所述第七辅助线与所述X轴平行;

[0027] 获取所述第五辅助线和所述第六辅助线之间的第六夹角参数,并利用激光测距传感器获取所述第五辅助线的第五长度参数和所述第六辅助线的第六长度参数;

[0028] 根据所述第五长度参数、所述第六长度参数和所述第六夹角参数,利用第二预设公式计算所述第五辅助线和所述第六辅助线与所述第四辅助线的交点连线与所述第七辅助线之间的第七夹角参数,所述第七夹角参数等于所述第二夹角参数;

[0029] 所述第二预设公式为： $\omega = \arccos\left(\frac{(ow + oh'') \sin \frac{\theta'}{2}}{\sqrt{ow^2 + oh''^2 - 2 \cdot ow \cdot oh'' \cdot \cos \theta'}}\right)$ ，其中， ω 为第七

夹角参数， oh'' 为第五辅助线， ow 为第六辅助线， θ' 为第六夹角参数。

[0030] 进一步地，所述获取所述第五辅助线和所述第六辅助线之间的第六夹角参数，包括：

[0031] 生成从所述Y轴的正方向依次分别延伸至所述第七辅助线两端点的第八辅助线和第九辅助线，其中，所述第八辅助线和第九辅助线所在的平面与坐标面YOZ垂直；

[0032] 获取所述第五夹角参数以及所述第八辅助线和所述第九辅助线之间的第八夹角参数；

[0033] 根据所述第五夹角参数和所述第八夹角参数，利用第三预设公式计算所述第六夹角参数；

[0034] 所述第三预设公式为： $\theta' = 2 \arctan(\cos \varepsilon \tan \frac{\theta''}{2})$ ，其中， θ' 为第六夹角参数， ε 为第五夹角参数， θ'' 为第八夹角参数。

[0035] 进一步地，所述根据所述第一夹角参数、所述第二夹角参数和所述激光探头的相对位置坐标，计算所述激光投射点相对坐标，包括：

[0036] 利用所述激光测距传感器获取所述空间直角坐标系的原点与所述被检测面与所述Z轴交点之间的距离参数；

[0037] 根据所述第一夹角参数、所述第二夹角参数和所述距离参数，利用三角函数关系和空间平面方程计算所述被检测面的方程；

[0038] 根据所述激光探头的相对位置坐标，利用所述被检测面的方程计算与所述投射点相对坐标相对应的位于所述被检测面上的空间坐标；

[0039] 建立所述空间坐标的坐标点所在的平面直角坐标系，并以所述Z轴上的坐标点为原点，所述Z轴上的坐标点和与其相邻的坐标点构成的向量方向为X轴的正方向；

[0040] 根据所述平面直角坐标系和所述空间坐标，利用向量运算关系和三角函数关系计算与所述激光探头的相对位置坐标相对应的位于所述被检测面上的平面坐标，所述平面坐标为所述激光探头的投射点相对坐标。

[0041] 进一步地，所述数据处理装置根据所述激光点相对坐标和激光投射点相对坐标，计算透视畸变逆变换矩阵，包括：

[0042] 根据所述激光点相对坐标和所述激光投射点相对坐标，利用第四预设公式计算所述透视畸变逆变换矩阵；

[0043] 所述第四预设公式为 $\begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} a_{11}a_{12}\dots a_{1n} \\ a_{21}a_{22}\dots a_{2n} \\ a_{31}a_{32}\dots a_{3n} \\ a_{41}a_{42}\dots a_{4n} \end{Bmatrix} \bullet \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{Bmatrix}$ ，其中， $\begin{Bmatrix} a_{11}a_{12}\dots a_{1n} \\ a_{21}a_{22}\dots a_{2n} \\ a_{31}a_{32}\dots a_{3n} \\ a_{41}a_{42}\dots a_{4n} \end{Bmatrix}$ 为透视畸变

逆变换矩阵, $\begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{Bmatrix}$ 为激光投射点相对坐标的坐标矩阵, $\begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{Bmatrix}$ 为相机拍取到透视畸变图像信

息中激光点相对坐标的坐标矩阵, n为大于零的正整数。

[0044] 进一步地,所述数据处理装置通过所述透视畸变逆变换矩阵对所述透视畸变图像信息矫正为正视图像信息,并利用所述正视图像信息进行桥梁表观病害检测,包括:

[0045] 通过所述透视畸变逆变换矩阵将所述透视畸变图像信息矫正为正视图像信息,并利用所述正视图像信息和所述激光投射点相对坐标进行桥梁表观病害检测;

[0046] 进一步地,所述利用所述正视图像信息和所述激光投射点相对坐标进行桥梁表观病害检测,包括:

[0047] 计算所述激光投射点相对坐标中任意两个坐标点之间的距离参数,并计数所述任意两个坐标点之间像素单元的数量参数;

[0048] 将所述距离参数和所述像素单元的数量参数做除法运算,得到每个所述像素单元的尺寸参数;

[0049] 根据所述正视图像信息中桥梁表观病害范围内所述像素单元的个数和每个所述像素单元的尺寸参数,确定所述正视图像信息中桥梁表观病害的尺寸信息。

[0050] 借由上述技术方案,本发明至少具有以下有益效果:

[0051] 本发明实施例提供的桥梁表观病害的检测系统,通过设置双轴运动机构、相机和数据处理装置,且双轴运动机构可以带动相机进行旋转拍摄,使得相机可以拍取到包括带有四个激光探头投射点的透视畸变图像信息,实现了在检测桥梁表观病害时,可以将相机定点设置在桥梁下方进行旋转拍摄,并利用四个激光探头发射的激光完成标定点的设置工作,而数据处理装置可以获取到相机拍取到的透视畸变图像信息中的激光点相对坐标和激光探头的激光投射到被检测面上的激光投射点相对坐标,并根据激光探头的激光点相对坐标和激光投射点相对坐标计算得到透视畸变逆变换矩阵,并利用该透视畸变逆变换矩阵将透视畸变图像信息矫正为正视图像信息,进而根据该正视图像信息完成桥梁表观病害的检测,与现有技术相比,利用本发明实施例提供的检测设备对桥梁表观病害进行检测过程中,无需再由操作人员利用登高工具在桥梁的被检测面上贴设靶标以求得透视畸变逆变换矩阵,使得桥梁表观病害的检测更简单方便,提高了工作效率,而且提高了施工安全性。

[0052] 本发明实施例提供的桥梁表观病害的检测方法,利用检测系统中的相机拍取带有激光探头的激光发射点的透视畸变图像信息;数据处理装置获取相机拍摄的透视畸变图像信息,并获取透视畸变图像信息中的激光点相对坐标和激光探头的激光投射到被检测面上的激光投射点相对坐标,即可通过该激光点相对坐标和激光投射点相对坐标,计算出透视畸变逆变换矩阵,使得检测设备中的数据处理装置可以利用该透视畸变逆变换矩阵将透视畸变图像信息矫正为正视图像信息,从而利用该正视图像信息进行病害的检测,与现有技术相比,本发明实施例提供的检测方法中,无需再由操作人员利用登高工具在桥梁的被检测面上贴设靶标以求得透视畸变逆变换矩阵,使得桥梁表观病害的检测更简单方便,提高了工作效率,而且提高了施工安全性。

附图说明

- [0053] 图1为本发明实施例提供的一种桥梁表观病害的检测系统在第一视角的结构示意图；
- [0054] 图2为本发明实施例提供的一种桥梁表观病害的检测系统在第二视角的结构示意图；
- [0055] 图3为本发明实施例提供的一种桥梁表观病害的检测方法流程图；
- [0056] 图4为本发明实施例提供的另一种桥梁表观病害的检测方法流程图；
- [0057] 图5为图3或图4中的一种空间直角坐标系模型；
- [0058] 图6为图5中的一种平面直角坐标系模型；
- [0059] 图7为图5中的一个三角形模型；
- [0060] 图8为图3或图4中的另一种空间直角坐标系模型；
- [0061] 图9为图8中的一个三角形模型；
- [0062] 图10为本发明实施例提供的一种桥梁表观病害的检测装置的结构框图；
- [0063] 图11为本发明实施例提供的另一种桥梁表观病害的检测装置的结构框图。

具体实施方式

[0064] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明的优选实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行更加详细的描述。在附图中，自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，旨在用于解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。下面结合附图对本发明的实施例进行详细说明。

[0065] 在本实施例的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“纵向”、“横向”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本实施例和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本实施例保护范围的限制。

[0066] 如背景技术所述，目前，桥梁表观病害检测通常基于采用图像处理方式的非接触式桥梁表观病害检测方法，即利用可旋转的相机对桥梁表观进行旋转拍摄，由于相机旋转拍摄得到的图像信息会发生透视畸变，为了将发生透视畸变的图像信息矫正为正视图像信息，以便于病害的检测，现有技术中，通常由操作人员利用登高工具在桥梁的被检测面上贴设靶标，以通过靶标的相对坐标获取透视畸变逆变换矩阵，再通过该变换矩阵对透视畸变的图像信息进行矫正，然后利用矫正后的正视图像信息进行病害的检测，操作不便，施工安全性较低，工作效率较低。

[0067] 为了解决上述问题，如图1和图2所示，本发明实施例提供了一种桥梁表观病害的检测系统，包括双轴运动机构1，该双轴运动机构1水平旋转部12和设置于水平旋转部12上的垂直旋转部11；相机，设置于垂直旋转部11；相机2，该相机2设置于双轴运动机构1，相机2包括镜头21，镜头21的外周阵列环绕布置有至少四个激光探头3，镜头21上设置有激光测距

传感器4,四个激光探头3的激光发射方向和激光测距传感器4的激光发射方向分别与镜头21的光轴方向平行且均位于同一侧,相机2用于拍取带有四个所述激光探头3投射点的图像信息;以及数据处理装置(图中未示出),该数据处理装置分别与双轴运动机构1、相机2和激光测距传感器4电连接,用于获取相机2拍取的图像信息、激光测距传感器4测得的距离信息和双轴运动机构的运动信息并进行相应处理。

[0068] 该检测系统中,相机2用于随着双轴运动机构1进行水平旋转或垂直旋转,其中,双轴运动机构1可以包括垂直旋转部11和水平旋转部12,而相机2可以设置在垂直旋转部11上,使得相机2可以随着垂直旋转部11的旋转实现在垂直方向上进行正负 30° 角度的旋转,还可以随着水平旋转部12的旋转实现在水平方向上进行正负 30° 角度的旋转,实现旋转拍摄。至少四个激光探头3阵列环绕排布在镜头21的四周,以便于至少四个激光探头3发射的激光可以位于镜头21的视角内,重要的是,可以使得激光探头3发出的激光点尽量处于相机2拍摄图像的中央位置,以减小激光点的畸变,而数据处理装置可以通过有线或无线连接的方式与相机2或激光测距传感器4进行连接,具体地,该数据处理装置可以为电脑,用于获取透视畸变图像信息中的激光点相对坐标和激光探头的激光投射到被检测面上的激光投射点相对坐标,从而根据该激光点相对坐标和激光投射点相对坐标,计算透视畸变逆变换矩阵,进而利用该透视畸变逆变换矩阵将透视畸变图像信息矫正为正视图像信息,再利用该正视图像信息进行桥梁表观病害的检测,使得桥梁表观病害的检测更简单方便,有效提高了工作效率。其中,双轴运动机构11可以为双轴运动云台,而水平旋转部12和垂直旋转部11可以通过机械齿轮或电机驱动的方式实现,由于双轴运动云台为现有技术中的常用技术,因此,此处不对其结构进行详细描述。而且,该双轴运动云台可以与数据处理装置电连接,以便数据处理装置可以控制其运动并获取到云台的转动角度信息。

[0069] 本发明实施例提供的桥梁表观病害的检测系统,通过设置双轴运动机构、相机和数据处理装置,且双轴运动机构可以带动相机进行旋转拍摄,使得相机可以拍取到包括带有四个激光探头投射点的透视畸变图像信息,实现了在检测桥梁表观病害时,可以将相机定点设置在桥梁下方进行旋转拍摄,并利用四个激光探头发射的激光完成标定点的设置工作,而数据处理装置可以获取到相机拍取到的透视畸变图像信息中的激光点相对坐标和激光探头的激光投射到被检测面上的激光投射点相对坐标,并根据激光探头的激光点相对坐标和激光投射点相对坐标计算得到透视畸变逆变换矩阵,并利用该透视畸变逆变换矩阵将透视畸变图像信息矫正为正视图像信息,进而根据该正视图像信息完成桥梁表观病害的检测,与现有技术相比,利用本发明实施例提供的检测设备对桥梁表观病害进行检测过程中,无需再由操作人员利用登高工具在桥梁的被检测面上贴设靶标以求得透视畸变逆变换矩阵,使得桥梁表观病害的检测更简单方便,提高了工作效率,而且提高了施工安全性。

[0070] 本发明实施例还提供了一种桥梁表观病害的检测方法,采用前述的检测系统来实现,如图3所示,并结合图1和图2,该检测方法包括:

[0071] 101、相机拍取带有激光探头3发出的激光点的透视畸变图像信息。

[0072] 其中,至少四个激光探头3阵列环绕排布在镜头21的外周,在相机2拍摄被检测面的图像时,激光探头向被检测面投射激光,且至少四个激光探头3发射的激光可以位于镜头21的视角内,同时,激光探头3发出的激光点能够尽量处于相机2拍摄图像的中央位置,以减小激光点的畸变,使得相机2可以进行旋转拍摄并可拍取到带有激光探头3发出的激光点的

透视畸变图像信息。

[0073] 102、数据处理装置获取相机2拍取的透视畸变图像信息。

[0074] 其中,检测系统中的相机2可以存储其拍摄到的图像信息,而数据处理装置可以在相机2存储的图像信息获取到发生透视畸变的图像信息,以备对该透视畸变图像信息进行矫正。

[0075] 103、所述数据处理装置获取所述透视畸变图像信息中的所述激光点相对坐标和所述激光探头的激光投射到被检测面上的激光投射点相对坐标。

[0076] 其中,激光点相对坐标可以由数据处理装置在透视畸变图像信息中根据像素点坐标直接进行提取,因此,该激光点相对坐标可以作为已知量;而激光投射点相对坐标,即激光探头3发出的激光投射到被检测面上的激光投射点相对坐标可以由数据处理装置进行计算得到。

[0077] 104、所述数据处理装置根据所述激光点相对坐标和激光投射点相对坐标,计算透视畸变逆变换矩阵。

[0078] 其中,可以通过激光点相对坐标和激光投射点相对坐标计算出透视畸变逆变换矩阵方程的系数,该系数即为透视畸变逆变换矩阵。

[0079] 105、所述数据处理装置通过所述透视畸变逆变换矩阵将所述透视畸变图像信息矫正为正视图像信息。

[0080] 106、所述数据处理装置利用所述正视图像信息进行桥梁表面病害检测。

[0081] 在计算出透视畸变逆变换矩阵后,即可通过该矩阵将当前拍摄姿态下拍摄的透视畸变图像信息矫正变换为正视图像信息,从而即可实现利用该正视图像信息进行桥梁病害信息的识别和测量工作。

[0082] 本发明实施例提供的桥梁表面病害的检测方法,利用检测系统中的相机拍摄带有激光探头的激光发射点的透视畸变图像信息;数据处理装置获取相机拍摄的透视畸变图像信息,并获取透视畸变图像信息中的激光点相对坐标和激光探头的激光投射到被检测面上的激光投射点相对坐标,即可通过该激光点相对坐标和激光投射点相对坐标,计算出透视畸变逆变换矩阵,使得检测设备中的数据处理装置可以利用该透视畸变逆变换矩阵将透视畸变图像信息矫正为正视图像信息,从而利用该正视图像信息进行病害的检测,与现有技术相比,本发明实施例提供的检测方法中,无需再由操作人员利用登高工具在桥梁的被检测面上贴设靶标以求得透视畸变逆变换矩阵,使得桥梁表面病害的检测更简单方便,提高了工作效率,而且提高了施工安全性。

[0083] 进一步的,为了更好的说明上述桥梁表面病害的检测方法,作为对上述实施例的细化和扩展,本发明实施例提供了另一种桥梁表面病害的检测方法,如图4所示,并结合图1和图2,但不限于此,具体如下所示:

[0084] 201、相机拍摄带有激光探头发出的激光点的透视畸变图像信息。

[0085] 其中,至少四个激光探头3阵列环绕排布在镜头21的外周,在相机2拍摄被检测面的图像时,激光探头向被检测面投射激光,且至少四个激光探头3发射的激光可以位于镜头21的视角内,使得相机2可以进行旋转拍摄并可拍摄到带有激光探头3发射点的透视畸变图像信息。

[0086] 202、数据处理装置获取所述透视畸变图像信息。

[0087] 其中,检测系统中的相机2可以存储其拍取到的图像信息,而数据处理装置可以在相机2存储的图像信息获取到发生透视畸变的图像信息,以备对该透视畸变图像信息进行矫正。

[0088] 203、所述数据处理装置获取所述透视畸变图像信息中的所述激光点相对坐标。

[0089] 其中,激光点相对坐标可以由数据处理装置在透视畸变图像信息中根据像素点坐标直接进行提取,因此,该激光点相对坐标可以作为已知量。

[0090] 204、所述数据处理装置建立被检测面所在的空间直角坐标系,且所述被检测面分别与所述空间直角坐标系的X轴正方向、Y轴正方向和Z轴正方向相交于一点。

[0091] 其中,参见图5,并结合图1,o为该空间直角坐标系的原点,Z轴正方向可以为检测设备中镜头21的光轴方向,Y轴的正方向可以为相机2的正上方向,X轴的正方向可以为相机2的右侧方向,平面abc可以为被检测面,其与X轴正方向、Y轴正方向和Z轴正方向相交于一点,且四个激光探头3的发生点可以位于该空间直角坐标系的XOY平面上,即前述的o,p,q,r四个坐标点,四个激光探头3投射到被检测面上的投射点可以分别为c,e,d,f四个坐标点,也就是透视畸变图像信息中四个激光探头3的投射点相对坐标。

[0092] 205、所述数据处理装置获取所述被检测面与所述Y轴的第一夹角参数和所述被检测面、所述X轴的第二夹角参数以及所述激光探头3的相对位置坐标。

[0093] 其中,参见图5,并结合图1,被检测面abc与Y轴的夹角为 β , β 即为第一夹角参数,被检测面abc与X轴的夹角为 α , α 即为第二夹角参数。由于检测设备中的至少四个激光探头3在镜头21上的相对位置是可控的,因此,激光探头3的相对位置坐标可以作为已知量,例如,以激光探头3的数量为四个为例,该四个激光探头3可以呈矩形排布在镜头21的外周,且该矩形的尺寸可以是长度为13cm,宽度为9cm,因此,即可得知该四个激光探头3的发射点在平面直角坐标系上的坐标分别为o(0,0),p(p,0),q(0,q),r(p,q)其中,o,p,q,r可以分别为四个激光探头3的位置点,o为所述平面直角坐标系的原点。而且,四个激光探头3的相对位置坐标可以直接输入至数据处理装置。

[0094] 对于发明实施例中,由于检测设备中的相机2通过双轴运动机构1进行水平方向和垂直方向的旋转拍摄,而且,前述的空间直角坐标系的Z轴方向为相机2镜头21的光轴方向,因此,双轴运动机构1的垂直旋转部11的垂直转动方向与相机2自身的垂直转动(俯仰转动)方向在任何条件下均一致,故而步骤204中所述数据处理装置获取被检测面与所述Y轴的第一夹角参数具体可以包括如下步骤:

[0095] A1、生成从所述空间直角坐标系的原点分别延伸至所述被检测面,且分别位于所述Y轴正方向和负方向的第一辅助线 and 第二辅助线,以及从所述第一辅助线与所述被检测面的交点延伸至所述第二辅助线的第三辅助线。

[0096] 其中,第一辅助线 and 第二辅助线分别位于Y轴的正方向和负方向,且均在平面YOZ内,第一辅助线 and 第二辅助线与Z轴分别形成的夹角相等,第三辅助线与Y轴平行,参见图5,os即为第一辅助线,ot即为第二辅助线,sg即为第三辅助线。

[0097] A2、获取所述第一辅助线 and 第二辅助线之间的第三夹角参数,并利用激光测距传感器4获取所述第一辅助线的第一长度参数和所述第二辅助线的第二长度参数。

[0098] 其中,参见图5,可以通过检测系统中的双轴运动机构1带动激光测距传感器4以Z轴为中心沿Y轴的正方向和负方向转动一个小角度 θ ,该角度 θ 即为第三夹角参数,而数据处

理装置可以获取到该角度 θ 的值,同时,在激光测距传感器4以Z轴为中心沿Y正方向转动时即可通过向被检测面abc发射激光测得第一辅助线os的第一长度参数,同样地,在激光测距传感器4以Z轴为中心沿Y负方向转动时即可通过向被检测面abc发生激光测得第二辅助线ot的第二长度参数,并将第一长度参数和第二长度参数发送至数据处理装置。在本发明实施例中,角度 θ 为可控量,具体可以由实际工程需求来设定,根据实际桥检条件和激光测距传感器4的测量精度,该角度 θ 在测量距离大于5m时可设定为 1° ,在测量距离小于5m时可设定为 2° 。而且,字母os即可表示第一辅助线的第一长度参数,字母ot即可表示第二辅助线的第二长度参数。

[0099] A3、根据所述第一长度参数、所述第二长度参数和所述第三夹角参数,利用第一预设公式计算所述第一辅助线和所述第二辅助线与所述被检测面的交点连线与所述第三辅助线之间的第四夹角参数,所述第四夹角参数为所述第一夹角参数。

[0100] 参见图5和图7,由于第一辅助线os和第二辅助线ot与Z轴分别形成的夹角相等,且第三辅助线sg与Y轴平行,因此, Δosg 为等腰三角形,且第四夹角参数 γ 与第一夹角参数 β 相等,因此,可得到如下公式:

$$[0101] \quad sg = 2 \cdot kg = 2 \cdot og \cdot \sin \frac{\theta}{2} \quad \text{公式 1}$$

$$[0102] \quad tg = ot - os \quad \text{公式 2}$$

$$[0103] \quad st^2 = os^2 + ot^2 - 2 \cdot os \cdot ot \cdot \cos \theta \quad \text{公式 3}$$

$$[0104] \quad tg^2 = st^2 + sg^2 - 2 \cdot st \cdot sg \cdot \cos \gamma \quad \text{公式 4}$$

[0105] 由公式1~公式4可得第一预设公式为:

$$[0106] \quad \gamma = \arccos\left(\frac{(ot + os) \sin \frac{\theta}{2}}{\sqrt{os^2 + ot^2 - 2 \cdot ot \cdot os \cdot \cos \theta}}\right) \quad \text{其中, } \gamma \text{ 为第四夹角参数, } os \text{ 为第一长度参}$$

数,ot为第二长度参数, θ 为第三夹角参数。

[0107] 综上所述,在数据处理装置计算第一夹角参数 β 时,可以将第一长度参数os、第二长度参数ot和第三夹角参数 θ 分别带入第一预设公式中,即可计算得到第四夹角参数 γ ,进而得到第一夹角参数 β 。

[0108] 对于发明实施例中,参见图1和图5,由于检测设备中的相机2通过双轴运动机构1进行水平方向和垂直方向的旋转拍摄,而且,前述的空间直角坐标系的Z轴方向为相机2镜头21的光轴方向,因此,当双轴运动机构1的垂直旋转部11带动相机2镜头21垂直转动一定角度时,即相机2镜头21存在一定的俯仰角度时,双轴运动机构1的水平旋转部12的转动方向与相机2的转动方向在多数情况下不一致,即与Z轴延X轴方向绕Y轴旋转的转动方向载多数情况下不一致,因此,被检测面与X轴的第二夹角参数的求取步骤与前述的第一夹角参数的求取步骤有所不同,具体地,步骤204中所述数据处理装置获取被检测面与所述X轴的第二夹角参数具体可以包括如下步骤:

[0109] B1、生成与所述Z轴具有第五夹角参数且位于坐标面YOZ上的辅助Z轴,从所述被检测面与所述X轴的交点延伸至所述辅助Z轴的第四辅助线,从所述空间直角坐标系的原点分别延伸至所述第四辅助线且分别位于所述X轴正方向和负方向的第五辅助线和第六辅助线,以及从所述第五辅助线与所述第四辅助线的交点延伸至所述第六辅助线的第七辅助

线。

[0110] 其中,第五辅助线和第六辅助线与辅助Z轴分别形成的夹角相等,第七辅助线与X轴平行。参见图8,z'轴即为辅助Z轴,oh''即为第五辅助线,ow即为第六辅助线,h'h''即为第七辅助线。而且,z'轴与Z轴的夹角 ε 为第五夹角参数,而夹角 ε 即代表相机2随着双轴运动机构1的垂直旋转部11垂直转动了 ε 角度,即当前相机2的俯仰角为 ε 。

[0111] B2、获取所述第五辅助线和所述第六辅助线之间的第六夹角参数,并利用激光测距传感器4获取所述第五辅助线的第五长度参数和所述第六辅助线的第六长度参数。

[0112] 对于本发明实施例中,步骤B2中获取所述第五辅助线和所述第六辅助线之间的第六夹角参数具体可以包括如下步骤:

[0113] b1、生成从所述Y轴的正方向依次分别延伸至所述第七辅助线两端点的第八辅助线和第九辅助线。

[0114] 其中,第八辅助线和第九辅助线所在的平面与做表面YOZ轴垂直。参见图8,o'h''即为第八辅助线,o'h'即为第九辅助线。此外,还可以生成第十辅助线o'h,且与第六辅助线h'h''和辅助Z轴z'相交于点h,第十辅助线o'h即为第八辅助线和第九辅助线所在的平面与做表面YOZ的交线,且其与Z轴平行。

[0115] b2、获取所述第五夹角参数以及所述第八辅助线和所述第九辅助线之间的第八夹角参数。

[0116] 其中,参见图8,如前所述, ε 为当前相机2的俯仰角,即为第五夹角参数,而该第五夹角参数可以由数据处理装置根据双轴运动云台中垂直旋转部11的转动角度而自动获取到,即第五夹角参数为一直的可控量。而第八夹角参数为角 θ'' ,可以通过检测系统中的双轴运动机构1带动激光测距传感器4以Y轴为中心沿X轴的正方向和负方向转动,并使其发射的激光分别与第八辅助线和第九辅助线重合,由此激光测距传感器4所转动的角度即为第八夹角参数 θ'' ,而数据处理装置可以获取到该第八夹角参数 θ'' 的值。

[0117] b3、根据所述第五夹角参数和所述第八夹角参数,利用第三预设公式计算所述第六夹角参数。

[0118] 参见图8,由于第五辅助线oh''和第六辅助线ow与辅助Z轴z'分别形成的夹角相等,且第七辅助线h'h''与X轴平行,因此,可得到如下公式:

[0119] oh'' = oh' 公式5

$$[0120] \quad oh = oh' \cos \frac{\theta'}{2} \quad \text{公式 6}$$

$$[0121] \quad o'h = oh \cos \varepsilon = oh' \cos \frac{\theta'}{2} \cos \varepsilon \quad \text{公式 7}$$

$$[0122] \quad o'h' = \frac{o'h}{\cos \frac{\theta''}{2}} \quad \text{公式 8}$$

[0123] 因此:

$$[0124] \quad h'h'' = 2oh \cdot \cos \varepsilon \cdot \cos \frac{\theta'}{2} \cdot \tan \frac{\theta}{2} \quad \text{公式 9}$$

[0125] 同时:

$$[0126] \quad h'h'' = 2 \cdot oh' \cdot \sin \frac{\theta'}{2} = 2 \cdot oh' \cdot \sin \frac{\theta'}{2} \quad \text{公式 10}$$

[0127] 因此:

$$[0128] \quad 2oh' \cdot \cos \varepsilon \cdot \cos \frac{\theta'}{2} \cdot \tan \frac{\theta'}{2} = 2oh' \cdot \sin \frac{\theta'}{2} \quad \text{公式 11}$$

[0129] 由公式11可得第三预设公式为:

$$[0130] \quad \theta' = 2 \arctan(\cos \varepsilon \tan \frac{\theta''}{2}), \text{其中, } \theta' \text{ 为第六夹角参数, } \varepsilon \text{ 为第五夹角参数, } \theta'' \text{ 为第八夹角参数。}$$

[0131] 综上所述,在数据处理装置计算第六夹角参数时,可以将第五夹角参数和第八夹角参数分别带入第三预设公式中,即可计算得到第六夹角参数。

[0132] B3、根据所述第五长度参数、所述第六长度参数和所述第六夹角参数,利用第二预设公式计算所述第五辅助线和所述第六辅助线与所述第四辅助线的交点连线与所述第七辅助线之间的第七夹角参数,所述第七夹角参数等于所述第二夹角参数。

[0133] 参见图8,并结合图9,由于第五辅助线oh''和第六辅助线ow与辅助Z轴分别形成的夹角相等,且第七辅助线h'h''与X轴平行,因此,△oh''w为等腰三角形,且角ω,即第七夹角参数与第二夹角参数相等,因此,可得到如下公式:

$$[0134] \quad h''h' = 2 \cdot h'h = 2 \cdot oh'' \cdot \sin \frac{\theta''}{2} \quad \text{公式 12}$$

$$[0135] \quad wh' = ow - oh'' \quad \text{公式 13}$$

$$[0136] \quad h''w^2 = oh''^2 + ow^2 - 2 \cdot oh'' \cdot ow \cdot \cos \theta' \quad \text{公式 14}$$

$$[0137] \quad wh'^2 = wh''^2 + h''h'^2 - 2 \cdot h''w \cdot h''h' \cdot \cos \omega \quad \text{公式 15}$$

[0138] 由公式12~公式15可得第二预设公式为:

$$[0139] \quad \omega = \arccos\left(\frac{(ow + oh'') \sin \frac{\theta'}{2}}{\sqrt{ow^2 + oh''^2 - 2 \cdot ow \cdot oh'' \cdot \cos \theta'}}\right), \text{其中, } \omega \text{ 为第七夹角参数, } oh'' \text{ 为第五辅助线, } ow \text{ 为第六辅助线, } \theta' \text{ 为第六夹角参数。}$$

[0140] 而且,如前所述 $\theta' = 2 \arctan(\cos \varepsilon \tan \frac{\theta''}{2})$,其中, θ' 为第六夹角参数, ε 为第五夹角

参数, θ'' 为第八夹角参数,因此,将 $\theta' = 2 \arctan(\cos \varepsilon \tan \frac{\theta''}{2})$ 带入第二预设公式,即可得到第七夹角参数 ω 。

[0141] 综上所述,在数据处理装置计算第二夹角参数 α 时,可以将第五长度参数oh''、第六长度参数ow和第六夹角参数 θ' 分别带入第二预设公式中,即可计算得到第七夹角参数 ω ,进而得到第二夹角参数 α 。

[0142] 206、所述数据处理装置根据所述第一夹角参数、所述第二夹角参数和所述激光探头3的相对位置坐标,计算所述激光投射点相对坐标。

[0143] 对于本发明实施例,步骤206具体可以包括如下步骤:

[0144] C1、利用所述激光测距传感器4获取所述空间直角坐标系的原点与所述被检测面与所述Z轴交点之间的距离参数。

[0145] C2、根据所述第一夹角参数、所述第二夹角参数和所述距离参数,利用三角函数关系和空间平面方程计算所述被检测面的方程。

[0146] 参见图5,数据处理装置可以获取到激光测距传感器4测得的空间直角坐标系的原点o与被检测面abc与Z轴交点之间的距离参数c;然后将该距离参数c,以及通过前述的计算公式计算得到的第一夹角参数 β 和第二夹角参数 α 带入如下空间平面方程:

$$[0147] \quad \frac{x}{a} + \frac{y}{b} + \frac{z}{c} = 1 \quad \text{公式 16}$$

[0148] 其中,a,b,c分别为原点o到被检测面abc的距离参数,而c可以有激光测距传感器4测得,而且,通过正切函数可以知 $oa = \frac{c}{\tan \alpha}$ 、 $ob = \frac{c}{\tan \beta}$,将其带入公式16即可得到被检测面abc的方程如下:

$$[0149] \quad x \tan \alpha + y \tan \beta + z = c \quad \text{公式17}$$

[0150] C3、根据所述激光探头的相对位置坐标,利用所述被检测面的方程计算与所述激光投射点相对坐标相对应的位于所述被检测面上的空间坐标。

[0151] 其中,参见图5,激光探头3的发射点坐标即为o,p,q,r四点坐标在坐标平面XOY的坐标,该四点的坐标如下:

$$[0152] \quad \begin{aligned} o &: (0,0) \\ p &: (p,0) \\ q &: (0,q) \\ r &: (p,q) \end{aligned} \quad \text{公式 18}$$

[0153] 其中,p为p点到原点o的距离参数,q为q点到原点o的距离参数,因此,将公式18带入公式17中可得出被检测面abc上分别与o,p,q,r四点坐标相对地c,e,d,f的空间坐标如下:

$$[0154] \quad \begin{aligned} c &: (0,0,c) \\ e &: (p,0,c - p \tan \alpha) \\ d &: (0,q,c - q \tan \beta) \\ f &: (p,q,c - p \tan \alpha - q \tan \beta) \end{aligned} \quad \text{公式 19}$$

[0155] 其中, α 为前述的第二夹角参数, β 为前述的第一夹角参数。

[0156] C4、建立所述空间坐标的坐标点所在的平面直角坐标系,并以所述Z轴上的坐标点为原点,所述Z轴上的坐标点和与其相邻的坐标点构成的向量方向为X轴的正方向。

[0157] C5、根据所述平面直角坐标系和所述空间坐标,利用向量运算关系和三角函数关系计算与所述激光探头的相对位置坐标相对应的位于所述被检测面上的平面坐标,所述平面坐标为所述激光投射点相对坐标。

[0158] 为了获得被检测面abc上c,d,e,f四点的平面坐标,以便透视畸变逆变换矩阵的求取,参见图6,可将c点作为平面abc上的参考点,向量 \vec{ce} 为平面abc的X轴正方向,从而得到c,d,e,f四点构成的平面直角坐标系,可参见图5,从而可以得到以下公式:

$$[0159] \quad \vec{ce} = (p, 0, -p \tan \alpha) \quad \text{公式 20}$$

$$[0160] \quad \vec{cf} = (p, q, -p \tan \alpha - q \tan \beta) \quad \text{公式 21}$$

$$[0161] \quad \vec{cd} = (0, q, -q \tan \beta) \quad \text{公式 22}$$

[0162] 由公式20可得:

$$[0163] \quad |\vec{ce}| = \sqrt{p^2 + p^2 \tan^2 \alpha} = p / \cos \alpha \quad \text{公式 23}$$

$$[0164] \quad |\vec{cf}| = \sqrt{p^2 + q^2 + (p \tan \alpha + q \tan \beta)^2} \quad \text{公式 24}$$

$$[0165] \quad |\vec{cd}| = \sqrt{q^2 + q^2 \tan^2 \beta} = q / \cos \beta \quad \text{公式 25}$$

[0166] 并且:

$$[0167] \quad \vec{ce} * \vec{cf} = p^2 / \cos^2 \alpha + pq \tan \alpha \tan \beta \quad \text{公式 26}$$

$$[0168] \quad \vec{ce} * \vec{cd} = pq \tan \alpha \tan \beta \quad \text{公式 27}$$

[0169] 因此:

$$[0170] \quad \cos \angle ecf = \frac{p^2 / \cos^2 \alpha + pq \tan \alpha \tan \beta}{p / \cos \alpha \sqrt{p^2 + q^2 + (p \tan \alpha + q \tan \beta)^2}} \quad \text{公式 28}$$

$$[0171] \quad \cos \angle ecd = \frac{pq \tan \alpha \tan \beta}{\frac{p}{\cos \alpha} \frac{q}{\cos \beta}} = \sin \alpha \sin \beta \quad \text{公式 29}$$

[0172] 参考图6中c,d,e,f四点的相对位置,以及由公式26~公式29可得c,d,e,f四点在被检测面abc上的平面坐标:

$$c: (0,0)$$

$$e: (\frac{p}{\cos \alpha}, 0)$$

$$[0173] \quad f: (\frac{p}{\cos \alpha} + q \sin \alpha \tan \beta, |\vec{cf}| \sqrt{1 - \cos^2 \angle ecf}) \quad \text{公式 30}$$

$$d: (q \sin \alpha \tan \beta, \frac{q}{\cos \beta} \sqrt{1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \beta})$$

[0174] 其中,如前所述,p为空间直角坐标系中坐标面XOY中点p到原点o的距离参数,q为空间直角坐标系中坐标面XOY中点q到原点o的距离参数,且该两个距离参数为已知量;而 α 为第二夹角参数, β 为第一夹角参数,且该两个夹角参数可通过前述相应的计算公式计算得到,因此,通过公式30即可得到被检测面abc上c,d,e,f四点的平面坐标,进而得到了四个激光探头3在被检测面上的投射点相对坐标。

[0175] 207、根据所述激光点相对坐标和所述激光投射点相对坐标,利用第四预设公式计算所述透视畸变逆变换矩阵。

[0176] 其中,所述第四预设公式可以为

$$\begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} a_{11}a_{12}\dots a_{1n} \\ a_{21}a_{22}\dots a_{2n} \\ a_{31}a_{32}\dots a_{3n} \\ a_{41}a_{42}\dots a_{4n} \end{Bmatrix} \bullet \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{Bmatrix}, \text{其中,} \begin{Bmatrix} a_{11}a_{12}\dots a_{1n} \\ a_{21}a_{22}\dots a_{2n} \\ a_{31}a_{32}\dots a_{3n} \\ a_{41}a_{42}\dots a_{4n} \end{Bmatrix} \text{为}$$

透视畸变逆变换矩阵, $\begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{Bmatrix}$ 为激光投射点相对坐标的坐标矩阵, $\begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{Bmatrix}$ 为相机拍取到透视畸

变图像信息中激光点相对坐标的坐标矩阵, n 为大于零的正整数。也就是说, 数据处理装置可以将获取到的激光探头3的激光投射点相对坐标和激光点相对坐标带入该第四预设公式, 即可计算得到透视畸变逆变换矩阵。而且, 若激光探头3的数量为四个, 那么, $n=4$ 。

[0177] 208、通过所述透视畸变逆变换矩阵将所述透视畸变图像信息矫正为正视图像信息。

[0178] 209、利用所述正视图像信息和所述激光投射点相对坐标进行桥梁表观病害检测。

[0179] 对于本发明实施例中, 步骤209具体可以包括: 计算所述激光投射点相对坐标中任意两个坐标点之间的距离参数, 并计数所述任意两个坐标点之间像素单元的数量参数; 将所述距离参数和所述像素单元的数量参数做除法运算, 得到每个所述像素单元的尺寸参数; 根据所述正视图像信息中桥梁表观病害范围内所述像素单元的个数和每个所述像素单元的尺寸参数, 确定所述正视图像信息中桥梁表观病害的尺寸信息。通过首先计算出激光探头3在被检测面上的激光投射点相对坐标中任意两个坐标点之间的距离参数, 并通过计数该两个坐标点之间像素单元的个数来求得每个像素单元的尺寸参数, 从而可以实现通过计数正视图像信息中桥梁表观病害范围内像素单元的个数, 再与每个像素单元的尺寸参数做乘积, 即可得到桥梁表观病害的精确尺寸信息, 提高了桥梁表观病害尺寸检测的精度。

[0180] 进一步地, 作为图3的具体实现, 本发明实施例提供了一种桥梁表观病害的检测装置, 如图10所示, 所述装置包括: 第一获取单元31、第二获取单元32、计算单元33、矫正单元34和检测单元35。

[0181] 所述第一获取单元31, 可以用于获取相机2拍取的透视畸变图像信息, 所述第一获取单元31是本装置中获取相机2拍取的透视畸变图像信息的主要功能模块。

[0182] 所述第二获取单元32, 可以用于获取所述透视畸变图像信息中的所述激光点相对坐标和所述激光探头的激光投射到被检测面上的激光投射点相对坐标, 所述第二获取单元32是本装置中获取所述透视畸变图像信息中的所述激光点相对坐标和所述激光探头的激光投射到被检测面上的激光投射点相对坐标, 也是核心模块。

[0183] 所述矫正单元34, 可以用于通过所述透视畸变逆变换矩阵将所述透视畸变图像信息矫正为正视图像信息, 所述矫正单元34是本装置中通过所述透视畸变逆变换矩阵将所述透视畸变图像信息矫正为正视图像信息的主要功能模块。

[0184] 所述检测单元35, 可以用于利用所述正视图像信息进行桥梁表观病害检测, 所述检测单元35是本装置中利用所述正视图像信息进行桥梁表观病害检测的主要功能模块。

[0185] 对于本发明实施例, 第二获取单元32包括: 建模模块321、获取子模块322和第一计

算子模块323,如图11所示。

[0186] 所述建模模块321,可以用于建立被检测面所在的空间直角坐标系,且所述被检测面分别与所述空间直角坐标系的X轴正方向、Y轴正方向和Z轴正方向相交于一点,其中,Z轴正方向为所述镜头21的光轴方向。

[0187] 所述获取子模块322,可以用于获取所述被检测面与所述Y轴的第一夹角参数和所述被检测面、所述X轴的第二夹角参数以及所述激光探头的相对位置坐标。

[0188] 进一步地,所述获取子模块312具体还可以用于生成从所述空间直角坐标系的原点分别延伸至所述被检测面,且分别位于所述Y轴正方向和负方向的第一辅助线和第二辅助线,以及从所述第一辅助线与所述被检测面的交点延伸至所述第二辅助线的第三辅助线,其中,所述第一辅助线和所述第二辅助线与所述Z轴分别形成的夹角相等,所述第三辅助线与所述Y轴平行;获取所述第一辅助线和第二辅助线之间的第三夹角参数,并利用激光测距传感器4获取所述第一辅助线的第一长度参数和所述第二辅助线的第二长度参数;根据所述第一长度参数、所述第二长度参数和所述第三夹角参数,利用第一预设公式计算所述第一辅助线和所述第二辅助线与所述被检测面的交点连线与所述第三辅助线之间的第四夹角参数,所述第四夹角参数为所述第一夹角参数;所述第一预设公式为:

$$\gamma = \arccos\left(\frac{(ot + os) \sin \frac{\theta}{2}}{\sqrt{os^2 + ot^2 - 2 \cdot ot \cdot os \cdot \cos \theta}}\right),$$

其中, γ 为第四夹角参数, os 为第一长度参数, ot 为第二长度参数, θ 为第三夹角参数。

二长度参数, θ 为第三夹角参数。

[0189] 此外,所述获取子模块312具体还可以用于生成与所述Z轴具有第五夹角参数且位于坐标面YOZ上的辅助Z轴,从所述被检测面与所述X轴的交点延伸至所述辅助Z轴的第四辅助线,从所述空间直角坐标系的原点分别延伸至所述第四辅助线且分别位于所述X轴正方向和负方向的第五辅助线和第六辅助线,以及从所述第五辅助线与所述第四辅助线的交点延伸至所述第六辅助线的第七辅助线,其中,所述第五辅助线和所述第六辅助线与所述辅助Z轴分别形成的夹角相等,所述第七辅助线与所述X轴平行;获取所述第五辅助线和所述第六辅助线之间的第六夹角参数,并利用激光测距传感器4获取所述第五辅助线的第五长度参数和所述第六辅助线的第六长度参数;根据所述第五长度参数、所述第六长度参数和所述第六夹角参数,利用第二预设公式计算所述第五辅助线和所述第六辅助线与所述第四辅助线的交点连线与所述第七辅助线之间的第七夹角参数,所述第七夹角参数等于所述第二夹角参数;所述第二预设公式为:

$$\omega = \arccos\left(\frac{(ow + oh'') \sin \frac{\theta'}{2}}{\sqrt{ow^2 + oh''^2 - 2 \cdot ow \cdot oh'' \cdot \cos \theta'}}\right),$$

其中, ω 为第七夹角参数, oh'' 为第五辅助线, ow 为第六辅助线, θ' 为第六夹角参数。而且,该获取子模块312具体还可以用于生成从所述Y轴的正方向依次分别延伸至所述第七辅助线两端点的第八辅助线和第九辅助线,其中,所述第八辅助线和第九辅助线所在的平面与坐标面YOZ垂直;获取所述第五夹角参数以及所述第八辅助线和所述第九辅助线之间的第八夹角参数;根据所述第五夹角参数和所述第八夹角参数,利用第三预设公式计算所述第六夹角参数;

所述第三预设公式为: $\theta' = 2 \arctan(\cos \varepsilon \tan \frac{\theta''}{2})$,其中, θ' 为第六夹角参数, ε 为第五夹角参

数, θ'' 为第八夹角参数。

[0190] 所述第一计算子模块323, 可以用于根据所述第一夹角参数、所述第二夹角参数和所述激光点相对坐标, 计算所述激光投射点相对坐标。

[0191] 进一步地, 所述第一计算子模块313具体还可以用于利用所述激光测距传感器4获取所述空间直角坐标系的原点与所述被检测面与所述Z轴交点之间的距离参数; 根据所述第一夹角参数、所述第二夹角参数和所述距离参数, 利用三角函数关系和空间平面方程计算所述被检测面的方程; 根据所述激光探头3的相对位置坐标, 利用所述被检测面的方程计算与所述投射点相对坐标相对应的位于所述被检测面上的空间坐标; 建立所述空间坐标的坐标点所在的平面直角坐标系, 并以所述Z轴上的坐标点为原点, 所述Z轴上的坐标点和与其相邻的坐标点构成的向量方向为X轴的正方向; 根据所述平面直角坐标系和所述空间坐标, 利用向量运算关系和三角函数关系计算与所述激光探头的相对位置坐标相对应的位于所述被检测面上的平面坐标, 所述平面坐标为所述激光投射点相对坐标。

[0192] 所述计算单元33, 可以用于根据所述激光点相对坐标和激光投射点相对坐标, 计算透视畸变逆变换矩阵, 所述计算单元33是本装置中根据所述激光点相对坐标和投射点相对坐标, 计算透视畸变逆变换矩阵的主要功能模块。

[0193] 对于本发明实施例, 计算单元33包括: 第二计算子模块331, 如图11所示。

[0194] 所述第二计算子模块331, 可以用于根据所述激光点相对坐标和所述激光投射点相对坐标, 利用第四预设公式计算所述透视畸变逆变换矩阵; 其中, 所述第四预设公式可以

$$\text{为} \begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} a_{11}a_{12}\dots a_{1n} \\ a_{21}a_{22}\dots a_{2n} \\ a_{31}a_{32}\dots a_{3n} \\ a_{41}a_{42}\dots a_{4n} \end{Bmatrix} \bullet \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{Bmatrix}, \text{其中,} \begin{Bmatrix} a_{11}a_{12}\dots a_{1n} \\ a_{21}a_{22}\dots a_{2n} \\ a_{31}a_{32}\dots a_{3n} \\ a_{41}a_{42}\dots a_{4n} \end{Bmatrix} \text{为透视畸变逆变换矩阵,} \begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{Bmatrix} \text{为激光投射}$$

点相对坐标的坐标矩阵, $\begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{Bmatrix}$ 为相机拍取到透视畸变图像信息中激光点相对坐标的坐标矩

阵, n 为大于零的正整数。

[0195] 对于本发明实施例, 检测单元35包括: 检测子模块351, 如图11所示。

[0196] 所述检测子模块351, 可以用于利用所述正视图信息信息和所述激光投射点相对坐标进行桥梁表观病害检测。

[0197] 需要说明的是, 本发明实施例提供的一桥梁表观病害的检测装置所涉及各功能模块的其他相应描述, 可以参考图1所示方法的对应描述, 在此不再赘述。

[0198] 基于上述如图1所示方法, 相应的, 本发明实施例还提供了一种计算机可读存储介质, 其上存储有计算机程序, 该程序被处理器执行时实现以下步骤: 获取相机2拍取的透视畸变图像信息; 获取所述透视畸变图像信息中的所述激光点相对坐标和所述激光探头的激光投射到被检测面上的激光射点坐标; 根据所述激光点相对坐标和激光投射点相对坐标, 计算透视畸变逆变换矩阵; 通过所述透视畸变逆变换矩阵将所述透视畸变图像信息矫正为正视图信息, 并利用所述正视图信息进行桥梁表观病害检测。

[0199] 基于上述如图1所示方法所示的实施例,本发明实施例还提供了一种桥梁表观病害的检测装置的实体结构,该装置包括:处理器、存储器、及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现以下步骤:获取相机2拍取的投射点的透视畸变图像信息;获取获取所述透视畸变图像信息中的所述激光点相对坐标和所述激光探头3的激光投射到被检测面上的激光投射点相对坐标;根据所述激光探头3的激光点相对坐标和激光投射点相对坐标,计算透视畸变逆变换矩阵;通过所述透视畸变逆变换矩阵将所述透视畸变图像信息矫正为正视图像信息,并利用所述正视图像信息进行桥梁表观病害检测。

[0200] 通过本发明的上述技术方案,利用检测系统中的相机拍取带有激光探头的激光发射点的透视畸变图像信息;数据处理装置获取相机拍摄的透视畸变图像信息,并获取透视畸变图像信息中的激光点相对坐标和激光探头的激光投射到被检测面上的激光投射点相对坐标,即可通过该激光点相对坐标和激光投射点相对坐标,计算出透视畸变逆变换矩阵,使得检测设备中的数据处理装置可以利用该透视畸变逆变换矩阵将透视畸变图像信息矫正为正视图像信息,从而利用该正视图像信息进行病害的检测,与现有技术相比,本发明实施例提供的检测方法中,无需再由操作人员利用登高工具在桥梁的被检测面上贴设靶标以求得透视畸变逆变换矩阵,使得桥梁表观病害的检测更简单方便,提高了工作效率,而且提高了施工安全性。

[0201] 在上述实施例中,对各个实施例的描述都各有侧重,某个实施例中沒有详述的部分,可以参见其他实施例的相关描述。

[0202] 可以理解的是,上述方法及装置中的相关特征可以相互参考。另外,上述实施例中的“第一”、“第二”等是用于区分各实施例,而并不代表各实施例的优劣。

[0203] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述的系统,装置和单元的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0204] 在此提供的算法和显示不与任何特定计算机、虚拟系统或者其它设备固有相关。各种通用系统也可以与基于在此的示教一起使用。根据上面的描述,构造这类系统所要求的结构是显而易见的。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在此描述的本发明的内容,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。

[0205] 在此处所提供的说明书中,说明了大量具体细节。然而,能够理解,本发明的实施例可以在没有这些具体细节的情况下实践。在一些实例中,并未详细示出公知的方法、结构和技术,以便不模糊对本说明书的理解。

[0206] 类似地,应当理解,为了精简本公开并帮助理解各个发明方面中的一个或多个,在上面对本发明的示例性实施例的描述中,本发明的各个特征有时被一起分组到单个实施例、图、或者对其的描述中。然而,并不应将该公开的方法解释成反映如下意图:即所要求保护的本发明要求比在每个权利要求中所明确记载的特征更多的特征。更确切地说,如下面的权利要求书所反映的那样,发明方面在于少于前面公开的单个实施例的所有特征。因此,遵循具体实施方式的权利要求书由此明确地并入该具体实施方式,其中每个权利要求本身都作为本发明的单独实施例。

[0207] 本领域那些技术人员可以理解,可以对实施例中的设备中的模块进行自适应性地

改变并且把它们设置在与该实施例不同的一个或多个设备中。可以把实施例中的模块或单元或组件组合成一个模块或单元或组件,以及此外可以把它们分成多个子模块或子单元或子组件。除了这样的特征和/或过程或者单元中的至少一些是相互排斥之外,可以采用任何组合对本说明书(包括伴随的权利要求、摘要和附图)中公开的所有特征以及如此公开的任何方法或者设备的所有过程或单元进行组合。除非另外明确陈述,本说明书(包括伴随的权利要求、摘要和附图)中公开的每个特征可以由提供相同、等同或相似目的的替代特征来代替。

[0208] 此外,本领域的技术人员能够理解,尽管在此所述的一些实施例包括其它实施例中有所包括的某些特征而不是其它特征,但是不同实施例的特征的组合意味着处于本发明的范围之内并且形成不同的实施例。例如,在下面的权利要求书中,所要求保护的实施例的任意之一都可以以任意的组合方式来使用。

[0209] 本发明的各个部件实施例可以以硬件实现,或者以在一个或者多个处理器上运行的软件模块实现,或者以它们的组合实现。本领域的技术人员应当理解,可以在实践中使用微处理器或者数字信号处理器(DSP)来实现根据本发明实施例中的一些或者全部部件的一些或者全部功能。本发明还可以实现为用于执行这里所描述的方法的一部分或者全部的装置或者装置程序(例如,计算机程序和计算机程序产品)。这样的实现本发明的程序可以存储在计算机可读介质上,或者可以具有一个或者多个信号的形式。这样的信号可以从因特网网站上下下载得到,或者在载体信号上提供,或者以任何其他形式提供。

[0210] 应该注意的是上述实施例对本发明进行说明而不是对本发明进行限制,并且本领域技术人员在不脱离所附权利要求的范围的情况下可设计出替换实施例。在权利要求中,不应将位于括号之间的任何参考符号构造成对权利要求的限制。单词“包含”不排除存在未列在权利要求中的元件或步骤。位于元件之前的单词“一”或“一个”不排除存在多个这样的元件。本发明可以借助于包括有若干不同元件的硬件以及借助于适当编程的计算机来实现。在列举了若干装置的单元权利要求中,这些装置中的若干个可以是通过同一个硬件项来具体体现。单词第一、第二、以及第三等的使用不表示任何顺序。可将这些单词解释为名词。

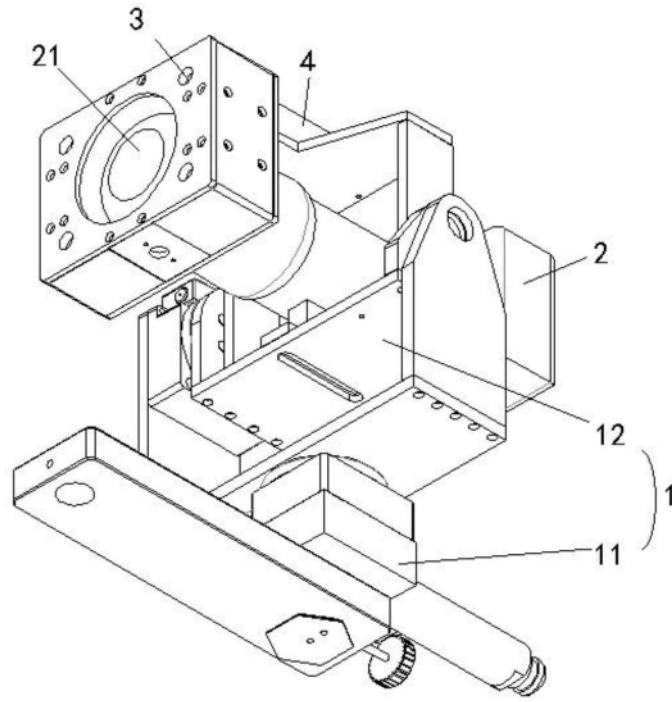


图1

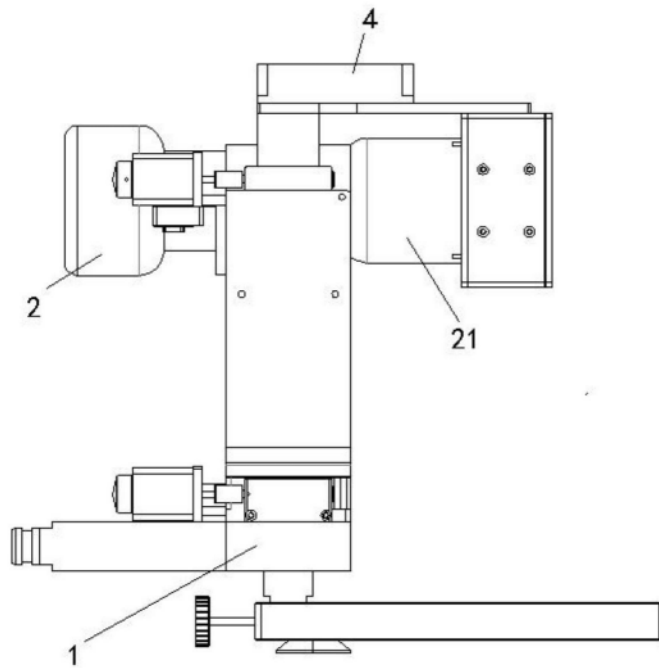


图2

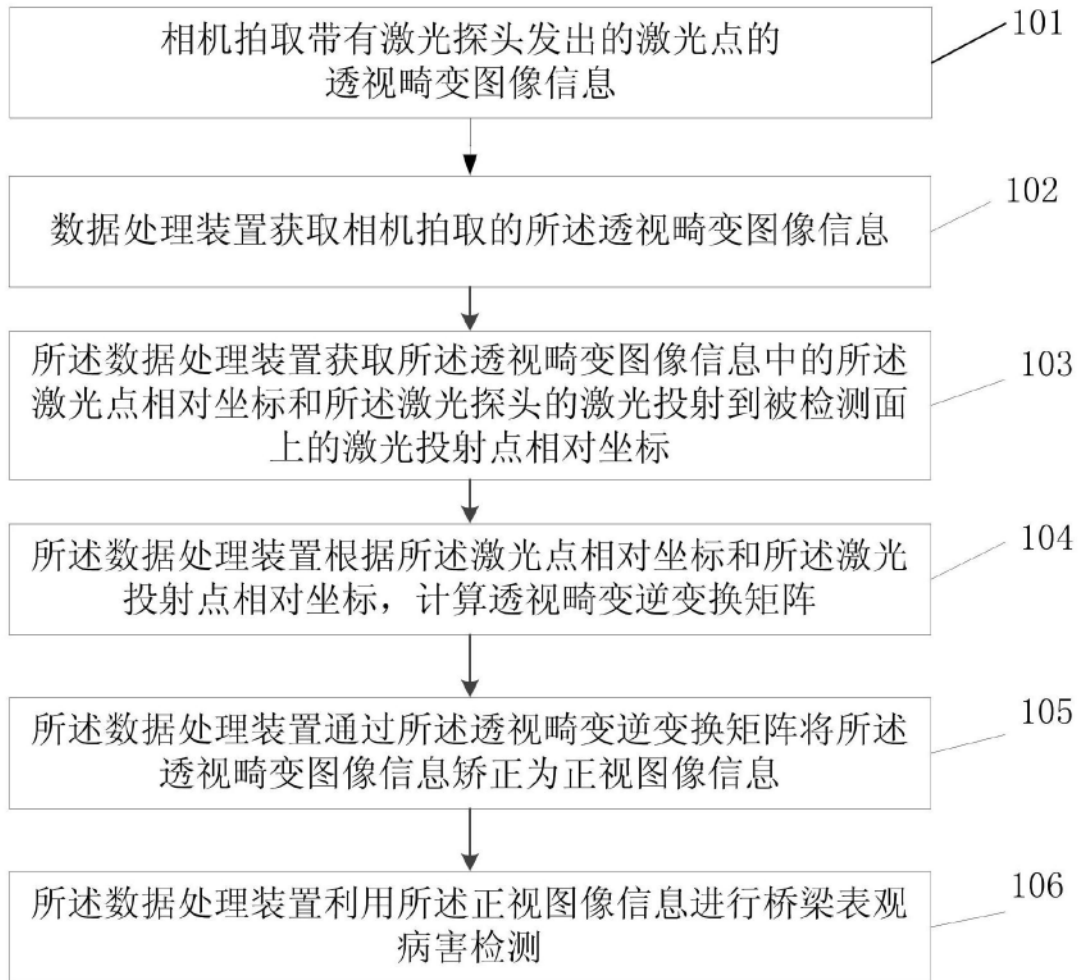


图3

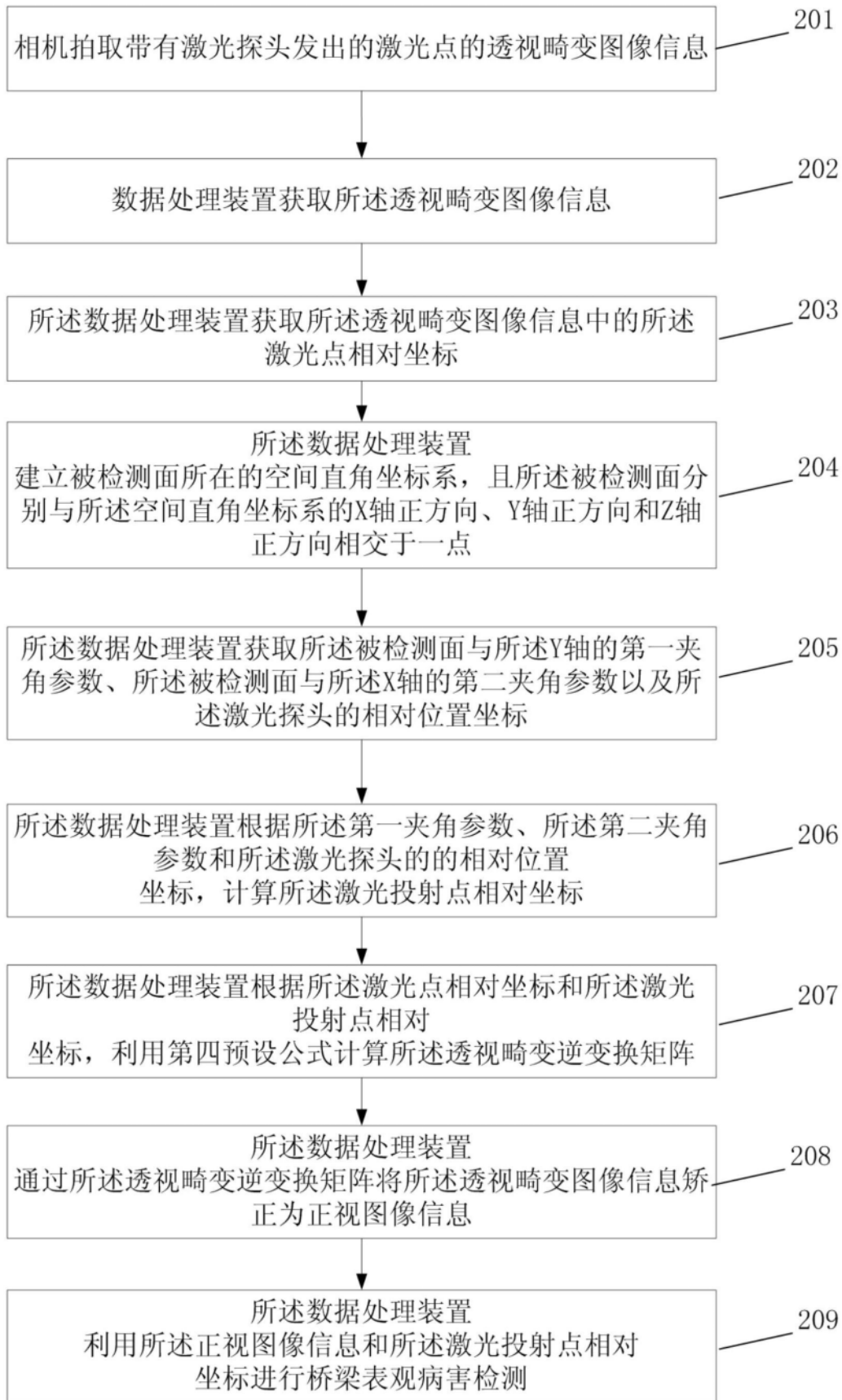


图4

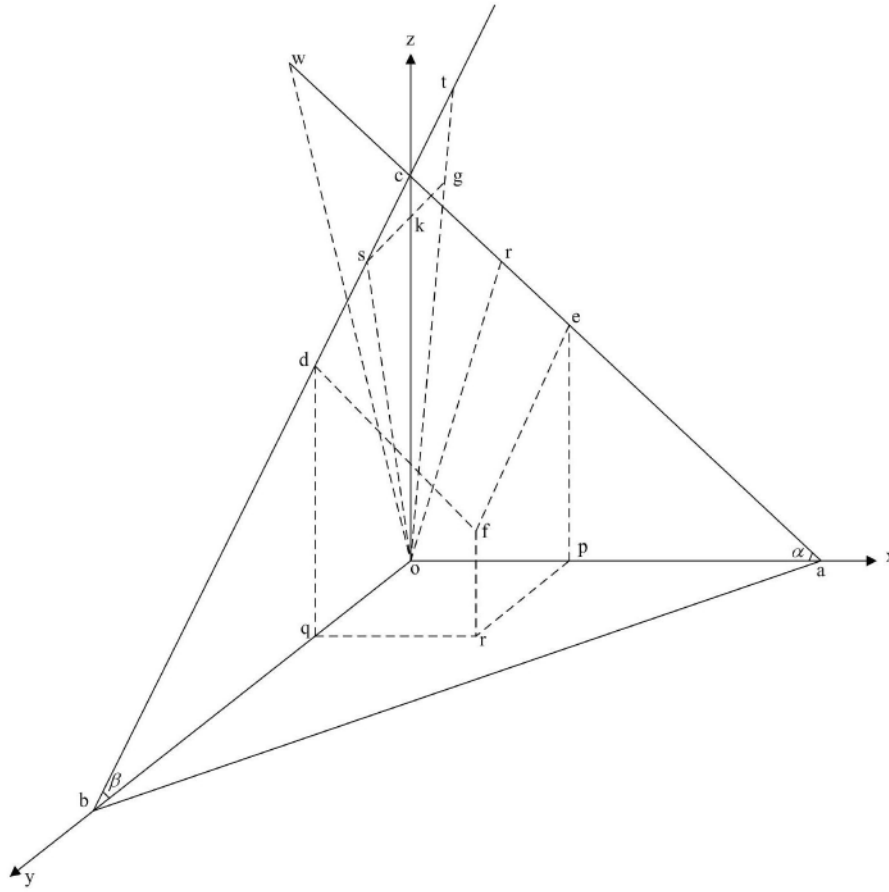


图5

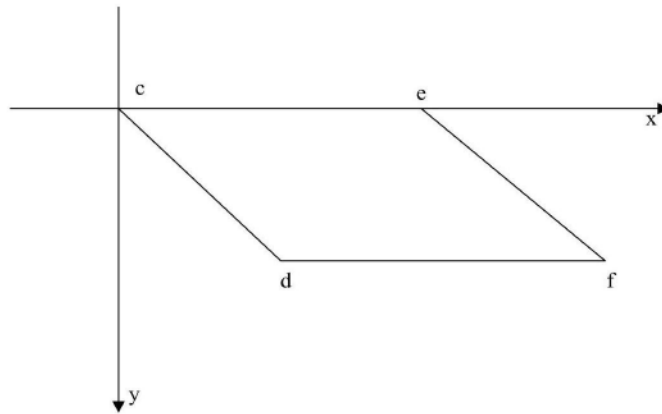


图6

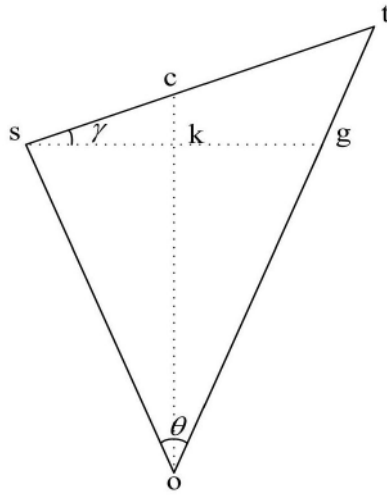


图7

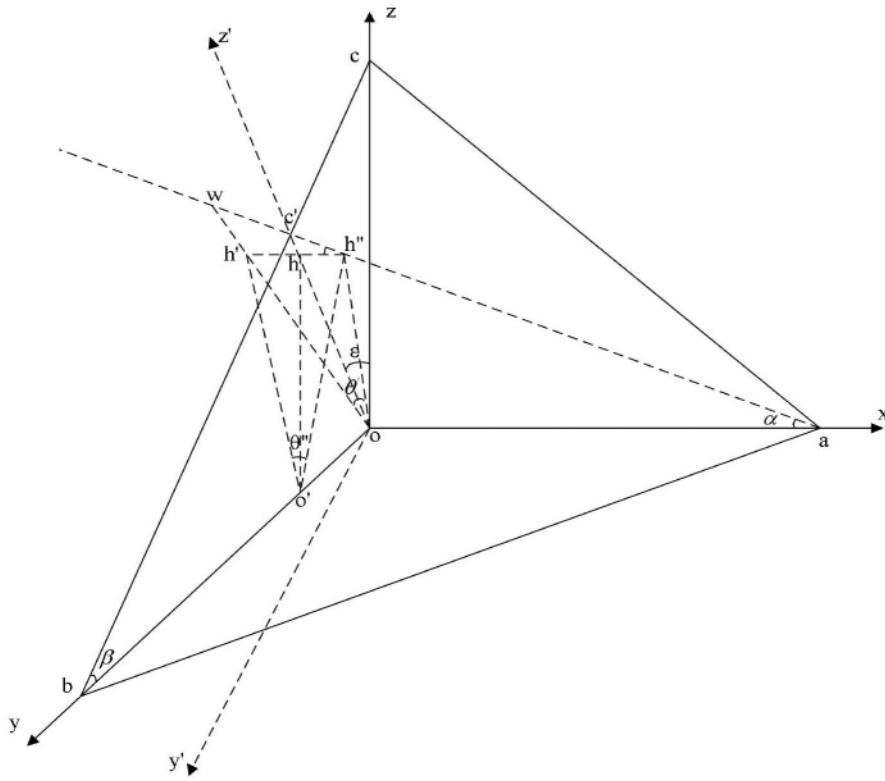


图8

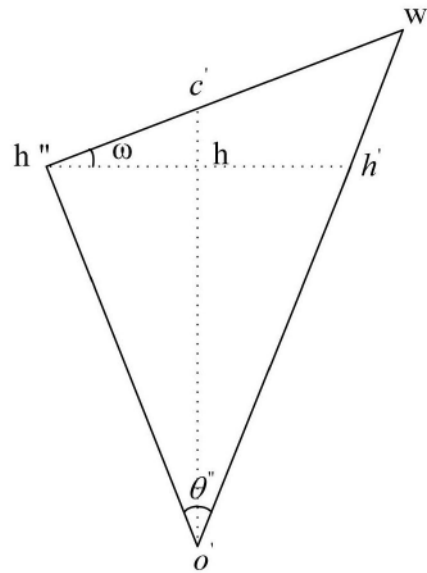


图9

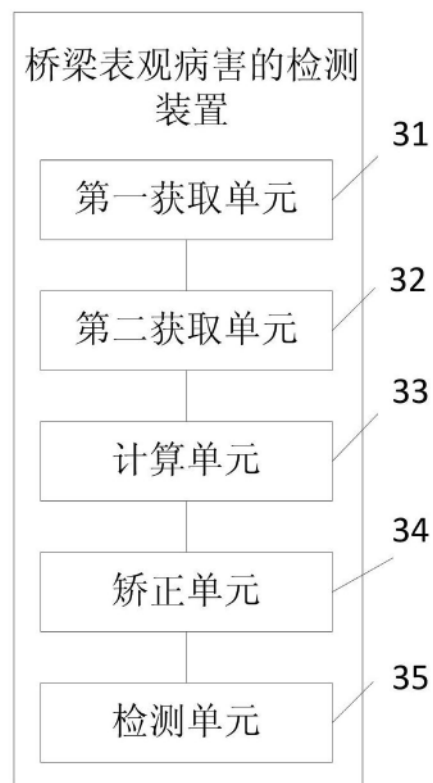


图10

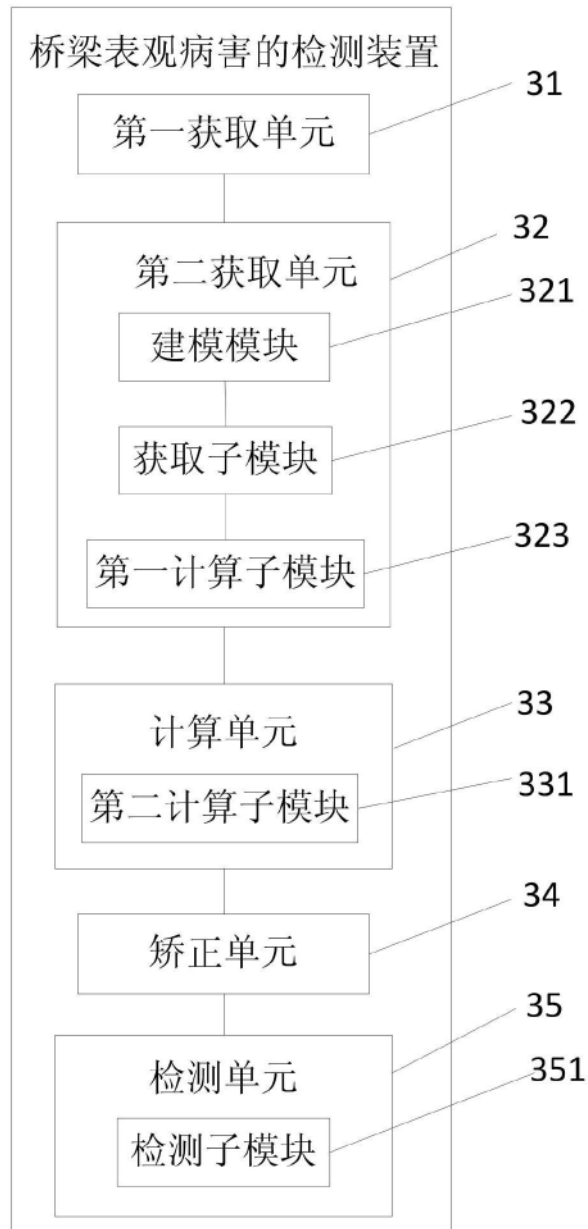


图11