



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119245609 A

(43) 申请公布日 2025. 01. 03

(21) 申请号 202411776051.3

(22) 申请日 2024.12.05

(71) 申请人 湖南大学

地址 410082 湖南省长沙市岳麓区麓山南路1号

(72) 发明人 邓露 张程 郭晶晶 曹然

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

专利代理师 苏芳

(51) Int. Cl.

G01C 11/30 (2006.01)

G06T 7/70 (2017.01)

G06V 10/25 (2022.01)

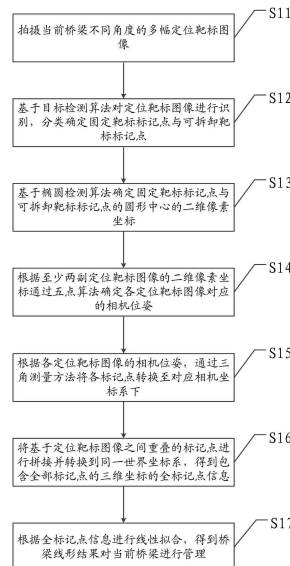
权利要求书3页 说明书13页 附图6页

## (54) 发明名称

一种装配式桥梁的线形管理方法、装置及介质

## (57) 摘要

本申请公开了一种装配式桥梁的线形管理方法、装置及介质；涉及桥梁领域，解决现有的检测方案依赖人工操作的问题。本申请首先通过多角度拍摄获取丰富的图像数据。然后，通过目标检测和椭圆检测算法处理图像，识别并定位靶标。接着，利用五点算法和三角测量确定相机位姿和标记点的三维坐标。最后，通过空间拼接和线性拟合，得到桥梁的线形结果，线形结果可为桥梁建设过程中或投入使用过程中提供建设或维修依据；本申请仅需利用拍摄含有靶标的图像数据，即可高效计算桥梁当前状态的线形特征。避免了传统方法中每次需携带昂贵的全站仪至永久观测点进行观测的繁琐过程，显著提高了监测的效率和便捷性。



1. 一种装配式桥梁的线形管理方法,其特征在于,桥梁的一侧安装有四个固定靶标、各箱梁上安装有多个可拆卸靶标,其中,所述固定靶标与所述可拆卸靶标为包含圆形图案的靶标;所述方法包括:

拍摄当前桥梁不同角度的多幅定位靶标图像;

基于目标检测算法对所述定位靶标图像进行识别,分类确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点;

基于椭圆检测算法确定所述固定靶标标记点与所述可拆卸靶标标记点的圆形中心的二维像素坐标;

根据至少两副所述定位靶标图像的所述二维像素坐标通过五点算法确定各所述定位靶标图像对应的相机位姿;

根据各所述定位靶标图像的相机位姿,通过三角测量方法将各标记点转换至对应相机坐标系下;

将基于所述定位靶标图像之间重叠的标记点进行拼接并转换到同一世界坐标系,得到包含全部标记点的三维坐标的全标记点信息;

根据所述全标记点信息进行线性拟合,得到桥梁线形结果对当前桥梁进行管理。

2. 根据权利要求1所述的装配式桥梁的线形管理方法,其特征在于,所述固定靶标与所述可拆卸靶标为包含圆形图案与不同数量的矩形图案的靶标;

对应的,所述基于目标检测算法对所述定位靶标图像进行识别,分类确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点,包括:

基于目标检测算法根据所述定位靶标图像上的圆形图案对所述固定靶标与所述可拆卸靶标进行定位;

基于目标检测算法根据所述定位靶标图像上的矩形图案确定所述固定靶标与所述可拆卸靶标的编号,确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点。

3. 根据权利要求1所述的装配式桥梁的线形管理方法,其特征在于,所述基于椭圆检测算法确定所述固定靶标标记点与所述可拆卸靶标标记点的圆形中心的二维像素坐标,包括:

对所述定位靶标图像进行预处理;

通过椭圆检测技术,识别图像中的圆形图案,确定各所述圆形图案的圆心的二维像素坐标;

将所述二维像素坐标作为对应的所述固定靶标标记点与所述可拆卸靶标标记点的二维像素坐标。

4. 根据权利要求3所述的装配式桥梁的线形管理方法,其特征在于,所述根据至少两副所述定位靶标图像的所述二维像素坐标通过五点算法确定各所述定位靶标图像对应的相机位姿,包括:

根据各所述定位靶标图像中的所述可拆卸靶标的编号确定包含至少五组同名标记点的两副定位靶标图像,其中,所述五组同名标记点为可拆卸靶标标记点;

根据五点算法及所述五组同名标记点确定每对标记点对之间的相对位姿;

根据所述相对位姿与相机内参矩阵确定每幅所述定位靶标图像对应的相机位姿。

5. 根据权利要求4所述的装配式桥梁的线形管理方法,其特征在于,所述根据各所述定

位靶标图像的相机位姿,通过三角测量方法将各标记点转换至对应相机坐标系下包括:

获取各所述定位靶标图像的相机位姿,包括每个定位靶标图像的旋转矩阵和平移向量;

对于每幅所述定位靶标图像对应的相机位姿以及所述可拆卸靶标标记点的二维像素坐标,通过三角测量方法计算每个标记点在相机坐标系下对应的三维坐标。

6.根据权利要求5所述的装配式桥梁的线形管理方法,其特征在于,所述将基于所述定位靶标图像之间重叠的标记点进行拼接并转换到同一世界坐标系,得到包含全部标记点的三维坐标的全标记点信息,包括:

根据各定位靶标图像中的所述可拆卸靶标的编号确定重叠部分的可拆卸靶标标记点;

将各所述定位靶标图像的相机坐标系映射到一个统一的世界坐标系中;

根据重叠的可拆卸靶标标记点进行坐标拼接,形成坐标点连续且不重复的拼接坐标点信息;

根据所述拼接坐标点信息,得到包含全部标记点的三维坐标的全标记点信息。

7.根据权利要求1所述的装配式桥梁的线形管理方法,其特征在于,所述根据所述全标记点信息进行线性拟合,得到桥梁线形结果对当前桥梁进行管理,包括:

获取预设设计线形;

根据所述全标记点信息进行线性拟合,得到桥梁线形结果;

根据所述桥梁线形结果与所述预设设计线形进行对比,得到偏差分析结果。

8.一种装配式桥梁的线形管理装置,其特征在于,桥梁的一侧安装有四个固定靶标、各箱梁上安装有多个可拆卸靶标,其中,所述固定靶标与所述可拆卸靶标为包含圆形图案的靶标;所述装置包括:

拍摄模块,用于拍摄当前桥梁不同角度的多幅定位靶标图像;

识别模块,用于基于目标检测算法对所述定位靶标图像进行识别,分类确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点;

定位模块,用于基于椭圆检测算法确定所述固定靶标标记点与所述可拆卸靶标标记点的圆形中心的二维像素坐标;

分析模块,用于根据至少两副所述定位靶标图像的所述二维像素坐标通过五点算法确定各所述定位靶标图像对应的相机位姿;

转换模块,用于根据各所述定位靶标图像的相机位姿,通过三角测量方法将各标记点转换至对应相机坐标系下;

拼接模块,用于将基于所述定位靶标图像之间重叠的标记点进行拼接并转换到同一世界坐标系,得到包含全部标记点的三维坐标的全标记点信息;

拟合分析模块,用于根据所述全标记点信息进行线性拟合,得到桥梁线形结果对当前桥梁进行管理。

9.一种装配式桥梁的线形管理装置,其特征在于,包括:

存储器,用于存储计算机程序;

处理器,用于执行所述计算机程序时实现如权利要求1至7任一项所述的装配式桥梁的线形管理方法的步骤。

10.一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质上存储有计算机

程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至7任一项所述的装配式桥梁的线形管理方法的步骤。

## 一种装配式桥梁的线形管理方法、装置及介质

### 技术领域

[0001] 本申请涉及桥梁领域,特别是涉及一种装配式桥梁的线形管理方法、装置及介质。

### 背景技术

[0002] 桥梁线形是衡量桥梁结构健康的重要指标,定期检测不仅确保施工阶段的精确度,还在运维阶段保障桥梁的安全性和耐久性。随着智能全站仪、电子水准仪、全球卫星导航系统、激光扫描、摄影测量等测绘技术的发展,新兴桥梁测量方法得到了快速发展。

[0003] 传统的桥梁线形测量设备,包括全站仪和水准仪,操作繁琐,耗时耗力,尤其在工期紧张时难以对所有节段进行全面测控。但智能全站仪受天气和视距限制,需使用反射镜且操作复杂;电子水准仪不适合高差大的地形,数据需手动记录且对操作人员要求高。

[0004] 由此可见,如何解决现有的检测方案依赖人工操作的问题,是本领域人员亟待解决的技术问题。

### 发明内容

[0005] 本申请的目的是提供一种装配式桥梁的线形管理方法、装置及介质,解决现有的检测方案依赖人工操作的问题。

[0006] 为解决上述技术问题,本申请提供一种装配式桥梁的线形管理方法,桥梁的一侧安装有四个固定靶标、各箱梁上安装有多个可拆卸靶标,其中,所述固定靶标与所述可拆卸靶标为包含圆形图案的靶标;所述方法包括:

[0007] 拍摄当前桥梁不同角度的多幅定位靶标图像;

[0008] 基于目标检测算法对所述定位靶标图像进行识别,分类确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点;

[0009] 基于椭圆检测算法确定所述固定靶标标记点与所述可拆卸靶标标记点的圆形中心的二维像素坐标;

[0010] 根据至少两副所述定位靶标图像的所述二维像素坐标通过五点算法确定各所述定位靶标图像对应的相机位姿;

[0011] 根据各所述定位靶标图像的相机位姿,通过三角测量方法将各标记点转换至对应相机坐标系下;

[0012] 将基于所述定位靶标图像之间重叠的标记点进行拼接并转换到同一世界坐标系,得到包含全部标记点的三维坐标的全标记点信息;

[0013] 根据所述全标记点信息进行线性拟合,得到桥梁线形结果对当前桥梁进行管理。

[0014] 作为一种可选方案,上述装配式桥梁的线形管理方法中,所述固定靶标与所述可拆卸靶标为包含圆形图案与不同数量的矩形图案的靶标;

[0015] 对应的,所述基于目标检测算法对所述定位靶标图像进行识别,分类确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点,包括:

[0016] 基于目标检测算法根据所述定位靶标图像上的圆形图案对所述固定靶标与所述

可拆卸靶标进行定位；

[0017] 基于目标检测算法根据所述定位靶标图像上的矩形图案确定所述固定靶标与所述可拆卸靶标的编号,确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点。

[0018] 作为一种可选方案,上述装配式桥梁的线形管理方法中,所述基于椭圆检测算法确定所述固定靶标标记点与所述可拆卸靶标标记点的圆形中心的二维像素坐标,包括:

[0019] 对所述定位靶标图像进行预处理;

[0020] 通过椭圆检测技术,识别图像中的圆形图案,确定各所述圆形图案的圆心的二维像素坐标;

[0021] 将所述二维像素坐标作为对应的所述固定靶标标记点与所述可拆卸靶标标记点的二维像素坐标。

[0022] 作为一种可选方案,上述装配式桥梁的线形管理方法中,所述根据至少两副所述定位靶标图像的所述二维像素坐标通过五点算法确定各所述定位靶标图像对应的相机位姿,包括:

[0023] 根据各所述定位靶标图像中的所述可拆卸靶标的编号确定包含至少五组同名标记点的两副定位靶标图像,其中,所述五组同名标记点为可拆卸靶标标记点;

[0024] 根据五点算法及五组同名标记点确定每对标记点对之间的相对位姿;

[0025] 根据所述相对位姿与相机内参矩阵确定每幅所述定位靶标图像对应的相机位姿。

[0026] 作为一种可选方案,上述装配式桥梁的线形管理方法中,所述根据各所述定位靶标图像的相机位姿,通过三角测量方法将各标记点转换至对应相机坐标系下包括:

[0027] 获取各所述定位靶标图像的相机位姿,包括每个定位靶标图像的旋转矩阵和平移向量;

[0028] 对于每幅所述定位靶标图像对应的相机位姿以及所述可拆卸靶标标记点的二维像素坐标,通过三角测量方法计算每个标记点在相机坐标系下对应的三维坐标。

[0029] 作为一种可选方案,上述装配式桥梁的线形管理方法中,所述将基于所述定位靶标图像之间重叠的标记点进行拼接并转换到同一世界坐标系,得到包含全部标记点的三维坐标的全标记点信息,包括:

[0030] 根据各定位靶标图像中的所述可拆卸靶标的编号确定重叠部分的可拆卸靶标标记点;

[0031] 将各所述定位靶标图像的相机坐标系映射到一个统一的世界坐标系中;

[0032] 根据重叠的可拆卸靶标标记点进行坐标拼接,形成坐标点连续且不重复的拼接坐标点信息;

[0033] 根据所述拼接坐标点信息,得到包含全部标记点的三维坐标的全标记点信息。

[0034] 作为一种可选方案,上述装配式桥梁的线形管理方法中,所述根据所述全标记点信息进行线性拟合,得到桥梁线形结果对当前桥梁进行管理,包括:

[0035] 获取预设设计线形;

[0036] 根据所述全标记点信息进行线性拟合,得到桥梁线形结果;

[0037] 根据所述桥梁线形结果与所述预设设计线形进行对比,得到偏差分析结果。

[0038] 为解决上述技术问题,本申请还提供一种装配式桥梁的线形管理装置,桥梁的一侧安装有四个固定靶标、各箱梁上安装有多个可拆卸靶标,其中,所述固定靶标与所述可拆

卸靶标为包含圆形图案的靶标;所述装置包括:

[0039] 拍摄模块,用于拍摄当前桥梁不同角度的多幅定位靶标图像;

[0040] 识别模块,用于基于目标检测算法对所述定位靶标图像进行识别,分类确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点;

[0041] 定位模块,用于基于椭圆检测算法确定所述固定靶标标记点与所述可拆卸靶标标记点的圆形中心的二维像素坐标;

[0042] 分析模块,用于根据至少两副所述定位靶标图像的所述二维像素坐标通过五点算法确定各所述定位靶标图像对应的相机位姿;

[0043] 转换模块,用于根据各所述定位靶标图像的相机位姿,通过三角测量方法将各标记点转换至对应相机坐标系下;

[0044] 拼接模块,用于将基于所述定位靶标图像之间重叠的标记点进行拼接并转换到同一世界坐标系,得到包含全部标记点的三维坐标的全标记点信息;

[0045] 拟合分析模块,用于根据所述全标记点信息进行线性拟合,得到桥梁线形结果对当前桥梁进行管理。

[0046] 为解决上述技术问题,本申请还提供一种装配式桥梁的线形管理装置,包括:

[0047] 存储器,用于存储计算机程序;

[0048] 处理器,用于执行所述计算机程序时实现上述的装配式桥梁的线形管理方法的步骤。

[0049] 为解决上述技术问题,本申请还提供一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现上述的装配式桥梁的线形管理方法的步骤。

[0050] 本申请所提供的装配式桥梁的线形管理方法,桥梁的一侧安装有四个固定靶标、各箱梁上安装有多个可拆卸靶标,其中,所述固定靶标与所述可拆卸靶标为包含圆形图案的靶标;所述方法包括:拍摄当前桥梁不同角度的多幅定位靶标图像;基于目标检测算法对定位靶标图像进行识别,分类确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点;基于椭圆检测算法确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点的圆形中心的二维像素坐标;根据至少两副定位靶标图像的二维像素坐标通过五点算法确定各定位靶标图像对应的相机位姿;根据各定位靶标图像的相机位姿,通过三角测量方法将各标记点转换至对应相机坐标系下;将基于定位靶标图像之间重叠的标记点进行拼接并转换到同一世界坐标系,得到包含全部标记点的三维坐标的全标记点信息;根据全标记点信息进行线性拟合,得到桥梁线形结果对当前桥梁进行管理。本申请首先,通过多角度拍摄获取丰富的图像数据。然后,通过目标检测和椭圆检测算法处理图像,识别并定位靶标。接着,利用五点算法和三角测量确定相机位姿和标记点的三维坐标。最后,通过空间拼接和线性拟合,得到桥梁的线形结果,线形结果可为桥梁建设过程中或投入使用过程中提供建设或维修依据;本申请仅需利用拍摄含有靶标的图像数据,即可高效计算桥梁当前状态的线形特征。避免了传统方法中每次需携带昂贵全站仪至永久观测点进行观测的繁琐过程,显著提高了监测的效率和便捷性。自动化程度高,减少了人工操作,降低了劳动强度和人为误差。

[0051] 另外,本申请还提供一种装置及介质,与上述装配式桥梁的线形管理方法对应,效果同上。

## 附图说明

[0052] 为了更清楚地说明本申请实施例,下面将对实施例中所需要使用的附图做简单的介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0053] 图1为本申请实施例提供一种装配式桥梁的线形管理方法的流程图;

[0054] 图2为本申请实施例提供的一种箱梁上的可拆卸靶标的设置示意图;

[0055] 图3为本申请实施例提供的一种可拆卸靶标的安装示意图;

[0056] 图4为本申请实施例提供的一种靶标图像示意图;

[0057] 图5为本申请实施例提供的一种同名点的对极几何关系的示意图;

[0058] 图6为本申请实施例提供的一种双目视觉原理空间同一坐标的示意图;

[0059] 图7为本申请实施例提供的一种图像拼接的示意图;

[0060] 图8为本申请实施例提供的一种装配式桥梁的线形管理装置的结构图;

[0061] 图9为本申请实施例提供的另一种装配式桥梁的线形管理装置的结构图。

[0062] 附图标记:

[0063] 11-箱梁;12-可拆卸靶标。

## 具体实施方式

[0064] 下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例,而不是全部实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下,所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护范围。

[0065] 本申请的核心是提供一种装配式桥梁的线形管理方法、装置及介质。

[0066] 为了使本技术领域的人员更好地理解本申请方案,下面结合附图和具体实施方式对本申请作进一步的详细说明。

[0067] 为解决上述问题,本申请实施例提供一种装配式桥梁的线形管理方法,桥梁的一侧安装有四个固定靶标、各箱梁上安装有多个可拆卸靶标12,其中,固定靶标与可拆卸靶标12为包含圆形图案的靶标;图1为本申请实施例提供一种装配式桥梁的线形管理方法的流程图,如图1所示,方法包括:

[0068] S11:拍摄当前桥梁不同角度的多幅定位靶标图像;

[0069] S12:基于目标检测算法对定位靶标图像进行识别,分类确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点;

[0070] S13:基于椭圆检测算法确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点的圆形中心的二维像素坐标;

[0071] S14:根据至少两副定位靶标图像的二维像素坐标通过五点算法确定各定位靶标图像对应的相机位姿;

[0072] S15:根据各定位靶标图像的相机位姿,通过三角测量方法将各标记点转换至对应相机坐标系下;

[0073] S16:将基于定位靶标图像之间重叠的标记点进行拼接并转换到同一世界坐标系,得到包含全部标记点的三维坐标的全标记点信息;



[0074] S17:根据全标记点信息进行线性拟合,得到桥梁线形结果对当前桥梁进行管理。

[0075] 本实施例适用于新建或在役的装配式桥梁,特别是在桥梁施工和维护阶段,需要对桥梁线形进行精确测量和监控的场景。

[0076] 本实施例中,步骤S11利用无人机或固定摄像头从不同角度拍摄桥梁,获取包含固定和可拆卸靶标12的多视角图像。这些图像将用于后续的测量和分析。

[0077] 图2为本申请实施例提供的一种箱梁上的可拆卸靶标的设置示意图,如图2所示,在制作装配式箱梁时,将可拆卸靶标作为装配式构件固定在箱梁周围,图3为本申请实施例提供的一种可拆卸靶标的安装示意图,如图3所示,箱梁11上设置有安装口,可拆卸靶标12活动安装于安装口。如遇损坏可方便更换。具体的,可拆卸靶标12为防晒防雨的聚碳酸酯板。

[0078] 步骤S12基于目标检测算法对定位靶标图像进行识别,分类确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点。目标检测算法,如改进的YOLOv8-UMT模型(YOLOv8模型是一种用于目标检测的深度学习模型,是Yolo(You Only Look Once)系列模型的版本之一,在统一多模态变压器(Unified Multi-modal Transformers,UMT)的基础上引入YOLOv8,对UMT的模式特征融合部分进行了优化),对图像中的可拆卸靶标进行分类和标记点确定。该算法通过双向特征金字塔网络(bi-directional feature pyramid network ,BiFPN)和归一化的高斯Wasserstein距离(NWD)提高小目标的检测准确性。

[0079] YOLOv8设计快速、准确且易于使用。但使用原始YOLOv8模型在高分辨率无人机图像中准确检测小目标点方面存在困难,一方面无人机图像覆盖大面积区域,导致目标点显得非常小,YOLOv8中的标准特征金字塔无法有效检测这些小目标点,因为它们的多尺度特征表示有限;另一方面YOLOv8使用交并比(IoU)损失函数对小的位置信息变化非常敏感,导致检测结果不可靠,可能出现一个位置重复检测出不同结果的情况。通过在YOLOv8的框架上,应用了双向特征金字塔网络(BiFPN)和A Normalized Gaussian Wasserstein Distance(NWD)。BiFPN将上下文增强和特征细化相结合,可以增强检测微小物体的能力;使用NWD代替IoU作为新度量来测量微小物体的边界框之间的相似性,解决了IoU的敏感性问题,会提高了小目标检测的可靠性。

[0080] 通过对图像中的固定靶标进行分类识别,确定那些是固定在桥梁一侧的固定靶标,哪些是箱梁上安装的可拆卸靶标,可拆卸靶标用于后续的桥梁线形分析。

[0081] 步骤S13通过椭圆检测算法确定靶标上圆形图案的中心点,作为标记点的二维像素坐标。由于从侧面进行拍摄时,靶标中的圆形就会变成椭圆形。现有的霍夫变换方法、RANSAC方法(Random Sample Consensus,随机样本一致算法)在处理具有复杂背景的图像时,会出现漏检或误检的情况。为了克服这些不足,本实施例提出了一种改进的椭圆检测算法,名为自适应多角度椭圆检测(Adaptive Multi-Angle Ellipse Detection,AMA Ellipse Detection)。本实施例的算法通过引入多角度覆盖验证和自适应优化方法,显著提升了椭圆检测的精度和鲁棒性。具体而言,1)输入图像,将图像转换为灰度图像,以简化后续处理步骤。然后,使用边缘检测算法(Canny算法)提取图像中的边缘点;2)从提取的边缘点中初步生成一组椭圆候选集合。通过多角度覆盖度验证方法,评估每个候选椭圆的完整性,并剔除那些不符合完整性要求的候选椭圆;3)计算每个候选椭圆上边缘点的法向量。通过检查法向量的一致性,识别并剔除噪声点和误检点;4)根据法向量一致性检查的结果,

动态调整椭圆的参数。通过迭代优化方法,使椭圆参数逐步收敛到最佳值,从而精确地拟合椭圆形状;5) 基于优化后的椭圆参数,输出检测到的椭圆。将这些结果以图像或数据的形式展示出来。具体地,固定像素坐标为定位靶标图像上可拆卸靶标图像上圆形图案的圆心的坐标。

[0082] 通过精确识别和映射,确保了从图像像素坐标到物理空间坐标的高精度转换。整个识别和映射过程自动化,减少了人工操作,提高了效率。

[0083] 步骤S14根据至少两副定位靶标图像的二维像素坐标通过五点算法确定各定位靶标图像对应的相机位姿;利用至少两幅图像中可辨认的非共线标记点对,通过五点算法计算相机的旋转和平移参数。

[0084] 应用五点算法,求解基本矩阵,对每张图像对应的相机位置进行定向。五点算法是指相机内参数已知的情况下,已知二幅图像之间的5组图像对应点,如何求取二幅图像之间的本质矩阵,进而分解出对应的旋转矩阵和平移向量的一种方法。

[0085] 步骤S15根据各定位靶标图像的相机位姿,通过三角测量方法将各标记点转换至对应相机坐标系下,具体根据相机位姿,通过三角测量原理得到这些靶标圆形中心点在各自独立相机坐标系下的坐标。

[0086] 步骤S16通过坐标转换和基于标记点的序列点阵拼接,将所有靶标圆形中点的坐标转化到同一世界坐标系下,形成完整的三维坐标集,包含同一世界坐标系下的全部可拆卸靶标标记点的坐标集合。

[0087] 利用线性拟合算法,如最小二乘法,对全标记点信息进行分析,得到桥梁的线形结果。

[0088] 整个控制过程从图像采集开始,通过自动化的目标检测和椭圆检测算法,精确地识别和定位靶标。五点算法和三角测量方法相结合,实现了对相机位姿的精确估计和标记点的三维坐标计算。通过智能图像拼接技术,构建了统一的世界坐标系,为线性拟合提供了必要的数据库。利用无人机进行图像采集,可以覆盖桥梁的难以到达区域,提供更全面的桥梁状态信息。通过计算机视觉技术,实现了对桥梁线形的自动化检测和分析,有助于及时发现结构偏差和潜在问题。

[0089] 通过本实施例提供的装配式桥梁的线形管理方法,桥梁的一侧安装有四个固定靶标、各箱梁上安装有多个可拆卸靶标12,其中,固定靶标与可拆卸靶标12为包含圆形图案的靶标;方法包括:拍摄当前桥梁不同角度的多幅定位靶标图像;基于目标检测算法对定位靶标图像进行识别,分类确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点;基于椭圆检测算法确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点的圆形中心的二维像素坐标;根据至少两副定位靶标图像的二维像素坐标通过五点算法确定各定位靶标图像对应的相机位姿;根据各定位靶标图像的相机位姿,通过三角测量方法将各标记点转换至对应相机坐标系下;将基于定位靶标图像之间重叠的标记点进行拼接并转换到同一世界坐标系,得到包含全部标记点的三维坐标的全标记点信息;根据全标记点信息进行线性拟合,得到桥梁线形结果对当前桥梁进行管理。本申请首先,通过多角度拍摄获取丰富的图像数据。然后,通过目标检测和椭圆检测算法处理图像,识别并定位靶标。接着,利用五点算法和三角测量确定相机位姿和标记点的三维坐标。最后,通过空间拼接和线性拟合,得到桥梁的线形结果,线形结果可为桥梁建设过程中或投入使用过程中提供建设或维修依据;本申请仅需利用拍摄含有靶标的图像数

据,即可高效计算桥梁当前状态的线形特征。避免了传统方法中每次需携带昂贵的全站仪至永久观测点进行观测的繁琐过程,显著提高了监测的效率和便捷性。自动化程度高,减少了人工操作,降低了劳动强度和人为误差。

[0090] 根据上述实施例,在另一种具体的实施例中,固定靶标与可拆卸靶标12为包含圆形图案与不同数量的矩形图案的靶标;

[0091] 对应的,基于目标检测算法对定位靶标图像进行识别,分类确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点,包括:

[0092] 基于目标检测算法根据定位靶标图像上的圆形图案对固定靶标与可拆卸靶标进行定位;

[0093] 基于目标检测算法根据定位靶标图像上的矩形图案确定固定靶标与可拆卸靶标的编号,确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点。

[0094] 可拆卸靶标采用聚碳酸酯板材质,设计为易于安装和拆卸,适应户外环境,具有防晒和防雨的特性。

[0095] 图4为本申请实施例提供的一种靶标图像示意图,如图4所示,靶标上的圆形图案用于确定中心位置,矩形图案用于编号分类,以便于识别和追踪。

[0096] 对获取的定位靶标图像进行预处理,包括灰度化、滤波去噪、边缘增强等,以提高图像质量,增强靶标图案的可识别性。

[0097] 使用深度学习模型,如YOLOv8-UMT,对图像中的可拆卸靶标进行分类和识别。算法通过预训练和微调,能够准确识别图像中的矩形和圆形图案。

[0098] 目标检测算法根据矩形图案对可拆卸靶标进行编号分类,每个靶标上的矩形图案形成唯一标识,有助于区分不同的固定靶标和可拆卸靶标,以进行后续数据处理和分析。

[0099] 圆形图案用于初步定位靶标的位置,矩形图案用于进一步区分和编号,确保每个靶标都能被准确识别。根据矩形图案的数量和排列,为每个固定靶标和可拆卸靶标分配一个独特的编号,增加了系统的可识别性和灵活性,尤其是在靶标密集或部分遮挡的情况下。这些中心位置作为图像上的标记点,为三维坐标解算提供关键信息。

[0100] 通过上述步骤,通过圆形和矩形图案的组合,提高了靶标的识别精度和系统的鲁棒性。不同数量的矩形图案为每个靶标提供了独特的标识,简化了靶标的分类和管理。结合圆形和矩形图案的信息,可以更准确地估计相机位姿和靶标的三维坐标。

[0101] 在具体的实施例中,除了圆形和矩形,可以考虑加入其他几何形状,如三角形或星形,以进一步提高系统的识别能力和灵活性。

[0102] 根据上述实施例,在另一种具体的实施例中,上述装配式桥梁的线形管理方法中,基于椭圆检测算法确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点的圆形中心的二维像素坐标,包括:

[0103] 对定位靶标图像进行预处理;

[0104] 通过椭圆检测技术,识别图像中的圆形图案,确定各圆形图案的圆心的二维像素坐标;

[0105] 将二维像素坐标作为对应的固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点的二维像素坐标。

[0106] 本实施例应用图像处理技术来改善图像质量,增强后续椭圆检测的准确性。预处

理步骤可能包括去噪、灰度化、对比度增强、边缘增强等。

[0107] 使用先进的图像处理算法,如霍夫变换、最小二乘法拟合或基于深度学习的椭圆检测模型,来识别图像中的圆形图案。椭圆检测不仅识别圆形,还能处理部分遮挡或变形的圆形图案。

[0108] 一旦识别出圆形图案,算法计算并确定每个圆形的圆心位置,以二维像素坐标的形式表示。这些坐标是固定靶标和可拆卸靶标标记点的关键特征。确定的二维像素坐标直接作为靶标的标记点,用于后续的目标识别和位姿估计步骤。

[0109] 通过预处理和先进的椭圆检测技术,提高了靶标识别的精度。即使在图像条件不理想的情况下,也能准确识别靶标。自动化的图像处理和坐标提取减少了人工操作的需求。

[0110] 根据上述实施例,在另一种具体的实施例中,上述装配式桥梁的线形管理方法中,根据至少两副定位靶标图像的二维像素坐标通过五点算法确定各定位靶标图像对应的相机位姿,包括:

[0111] 根据各定位靶标图像中的可拆卸靶标的编号确定包含至少五组同名标记点的两副定位靶标图像,其中,五组同名标记点为可拆卸靶标标记点;

[0112] 根据五点算法及五组同名标记点确定每对标记点对之间的相对位姿;

[0113] 根据相对位姿与相机内参矩阵确定每幅定位靶标图像对应的相机位姿。

[0114] 从多个定位靶标图像中,根据可拆卸靶标的编号,识别并选择至少五组同名标记点。这些点在不同的图像中是一致的,可以作为匹配的依据。使用五点算法,这是一种利用至少五个匹配点对来计算两幅图像之间相对位姿的方法。算法能够计算出相对旋转和平移。通过五点算法,确定每对同名标记点之间的相对位姿,包括旋转和平移参数,这反映了两幅图像之间的空间关系。结合已知的相机内参矩阵,将相对位姿转换为每幅图像的绝对相机位姿。相机内参包括焦距、主点坐标等,对精确计算位姿至关重要。最终确定每幅定位靶标图像对应的相机在世界坐标系中的位姿,为后续的三维重建和线形管理提供准确的空间信息。

[0115] 图5为本申请实施例提供的一种同名点的对极几何关系的示意图,如图5所示,两个相机中心位置的连线 $P_1P_2$ 为基线,以该基线为轴存在一个平面束,该平面束与两幅图像平面相交,其中存在一个平面 $\pi$ ,令相机中心 $P_1$ 、 $P_2$ ,两幅图像上的同名像点 $m_1$ 、 $m_2$ 及空间点 $M$ ,均在此平面内,见图5。因此,图上的同名点(设为 $m_1$ 和 $m_2$ )可以通过基本矩阵 $F$ 互相联系,满足如下关系:

$$[0116] \quad m_2^T F m_1 = 0 \quad (1)$$

[0117] 对相机进行标定可得到内参数矩阵 $K$ ,此时基本矩阵 $F$ 退化为本质矩阵 $E$ ,三者满足的关系如下:

$$[0118] \quad K^{-T} E K^{-1} = 0 \quad (2)$$

[0119] 对于两张重叠度满足要求的图像,五点算法利用5组同名点提供的5个基线。

[0120] 上述方程进行联立求解,即可估计出本质矩阵 $E$ ,本质矩阵决定了拍摄时的相机位置和姿态。因此,通过对从不同相机位置获得的所有重叠图像进行解算,可以得到两两之间的相对相机位置,从而确定相机所处的三维空间坐标。

[0121] 得到相机的空间位置后,可以通过两幅或多幅图像中的像点位置、该图像的拍摄

机位计算出空间中的某点的坐标。

[0122] 图6为本申请实施例提供的一种双目视觉原理空间同一坐标的示意图,如图6所示,根据双目视觉原理,通过从两个不同角度拍摄的照片,即可确定一点的三维坐标。假设对于空间中一点P,分别从两个角度拍摄照片,如图6所示, $p_l(u_l, v_l)$ 、 $p_r(u_r, v_r)$ 分别为左右图像点的像素坐标。左侧相机坐标系 $O_l - x_l y_l z_l$ 和世界坐标系 $O_w - x_w y_w z_w$ 完全重合,右侧相机坐标系为 $O_l - x_l y_l z_l$ ,其中 $O_l$ 、 $O_r$ 分别为光心。

[0123] 相机成像模型可以表示为:

$$[0124] \quad s \begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_x & 0 & C_x \\ 0 & F_y & C_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} R & T \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{pmatrix} = K \begin{bmatrix} R & T \end{bmatrix} \begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

[0125] 上式中 $K = \begin{pmatrix} F_x & 0 & C_x \\ 0 & F_y & C_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ 是相机内参矩阵,可以通过相机标定得到; $F_x$ 和 $F_y$ 是相机在水平和垂直方向上的焦距。 $C_x$ 和 $C_y$ 是图像的主点,通常是图像中心的坐标。

$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix}$ 和 $T = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{bmatrix}$ 分别是世界坐标系(WCS)到相机坐标系的旋转矩阵和平移向量。

$r_{11}$ 、 $r_{12}$ 、 $r_{13}$ :这一行表示相机坐标系的 $x$ 轴在世界坐标系中的方向。即,当一个点在相机坐标系中沿 $x$ 轴方向移动时,它的世界坐标系中的变化。 $r_{21}$ 、 $r_{22}$ 、 $r_{23}$ :这一行表示相机坐标系的 $y$ 轴在世界坐标系中的方向。即,当一个点在相机坐标系中沿 $y$ 轴方向移动时,它的世界坐标系中的变化。 $r_{31}$ 、 $r_{32}$ 、 $r_{33}$ :这一行表示相机坐标系的 $z$ 轴在世界坐标系中的方向。 $t_x$ 表示物体或坐标系在 $x$ 轴上的平移量。 $t_y$ 表示物体或坐标系在 $y$ 轴上的平移量。 $t_z$ 表示物体或坐标系在 $z$ 轴上的平移量。即,当一个点在相机坐标系中沿 $z$ 轴方向移动时,它的世界坐标系中的变化。

[0126]  $[X_w, Y_w, Z_w]^T$ 标靶中心在WCS中的空间坐标; $[u, v]^T$ 是标靶中心在相机坐标系中的像素坐标。

[0127] 左相机坐标系: $O_l - x_l y_l z_l$ 与世界坐标系: $O_w - x_w y_w z_w$ 重合,则左相机坐标系相对于世界坐标系的旋转矩阵为单位矩阵,平移向量为0。

[0128] 将 $R=I$ 、 $T=0$ 代入式(3),可以得到左相机的投影模型:

$$[0129] \quad \begin{cases} u^l = C_x + \frac{F_x X_w}{Z_w} \\ v^l = C_y + \frac{F_y Y_w}{Z_w} \end{cases} \quad (4)$$

[0130] 对于右相机,相对于世界坐标系的旋转矩阵和平移向量转换为左右相机坐标系之间的关系,可以通过相机标定得到。因此,右相机的投影模型可以重写为:

$$[0131] \quad \begin{cases} u^r = C_x + \frac{F_x(r_{11}X_w + r_{12}Y_w + r_{13}Z_w + t_x)}{r_{31}X_w + r_{32}Y_w + r_{33}Z_w + t_z} \\ v^r = C_y + \frac{F_y(r_{21}X_w + r_{22}Y_w + r_{23}Z_w + t_y)}{r_{31}X_w + r_{32}Y_w + r_{33}Z_w + t_z} \end{cases} \quad (5)$$

[0132]  $t_x$ 表示物体或坐标系在  $x$  轴上的平移量。 $t_y$ 表示物体或坐标系在  $y$  轴上的平移量。 $t_z$ 表示物体或坐标系在  $z$  轴上的平移量。 $u^l$ 、 $v^l$ 分别表示左相机的投影模型的像素坐标； $u^r$ 、 $v^r$ 分别表示右相机的投影模型的像素坐标， $s$ 为尺度因子。

[0133] 一旦立体视觉系统被标定，就可以通过联立式 (4) 和式 (5) 来计算目标点在WCS中的坐标 $(X_w, Y_w, Z_w)$ 。有四组互相独立的方程来求解三个未知数，可以通过最小二乘法来实现。

[0134] 根据上述实施例，在另一种具体的实施例中，根据各定位靶标图像的相机位姿，通过三角测量方法将各标记点转换至对应相机坐标系下包括：

[0135] 获取各定位靶标图像的相机位姿，包括每个定位靶标图像的旋转矩阵和平移向量；

[0136] 对于每幅定位靶标图像对应的相机位姿以及可拆卸靶标标记点的二维像素坐标，通过三角测量方法计算每个标记点在相机坐标系下对应的三维坐标。

[0137] 确定每个定位靶标图像的相机位姿，这包括旋转矩阵和平移向量。对于每幅图像，使用已知的相机位姿（旋转矩阵和平移向量）和二维像素坐标，通过三角测量方法计算每个标记点的三维坐标。三角测量是一种利用多个视点的二维图像信息来确定空间点位置的方法。在此过程中，使用至少两个不同位置的相机捕捉的图像来确定标记点的三维坐标。结合相机内参（如焦距、主点坐标）和相机位姿，将二维像素坐标转换为相机坐标系下的三维坐标。

[0138] 本实施例通过精确的三角测量，实现从二维图像到三维空间的高精度坐标恢复。

[0139] 根据上述实施例，在另一种具体的实施例中，上述装配式桥梁的线形管理方法中，将基于定位靶标图像之间重叠的标记点进行拼接并转换到同一世界坐标系，得到包含全部标记点的三维坐标的全标记点信息，包括：

[0140] 根据各定位靶标图像中的可拆卸靶标的编号确定重叠部分的可拆卸靶标标记点；

[0141] 将各定位靶标图像的相机坐标系映射到一个统一的世界坐标系中；

[0142] 根据重叠的可拆卸靶标标记点进行坐标拼接，形成坐标点连续且不重复的拼接坐标点信息；

[0143] 根据拼接坐标点信息，得到包含全部标记点的三维坐标的全标记点信息。

[0144] 分析各定位靶标图像，根据可拆卸靶标的编号识别出重叠部分的标记点。图7为本申请实施例提供的一种图像拼接的示意图，如图7所示，识别并标记各定位靶标图像中属于重叠区域的标记点。这些标记点在不同图像中是共同可见的，是拼接过程中的关键参考。利用重叠标记点，确定每两幅定位靶标图像之间的相对空间关系。这通常涉及到计算图像间的几何变换参数。

[0145] 将每个相机坐标系中的标记点通过已知的相机位姿（旋转矩阵和平移向量）映射到统一的世界坐标系中。利用重叠的可拆卸靶标标记点，执行坐标拼接，确保形成的三维坐

标点集是连续的,并且没有重复。

[0146] 使用已知的物理坐标,对第一幅定位靶标图像进行三维重建和解算,得到图像中标记点在世界坐标系下的三维坐标。对每个定位靶标图像重复三维重建和解算步骤,得到每个图像中标记点在各自独立的相机坐标系下的坐标。

[0147] 通过计算旋转向量和平移向量,将所有相机坐标系下的标记点坐标转换到统一的世界坐标系下。这一步骤确保了所有图像数据在相同的参考框架内。

[0148] 将转换到同一坐标系下的标记点所对应的图像区域进行无缝拼接。这一步骤可能涉及图像的裁剪、插值、融合等技术,以确保拼接后的图像在视觉上是连贯的。

[0149] 根据拼接得到的坐标点信息,构建包含所有标记点的三维坐标的全标记点信息,为桥梁的线形分析提供全面的数据支持。精确的三维重建和坐标转换确保了图像之间的对齐,减少了拼接误差。优化的图像融合技术提高了拼接图像的视觉质量。

[0150] 根据上述实施例,在另一种具体的实施例中,上述装配式桥梁的线形管理方法中,根据全标记点信息进行线性拟合,得到桥梁线形结果对当前桥梁进行管理,包括:

[0151] 获取预设设计线形;

[0152] 根据全标记点信息进行线性拟合,得到桥梁线形结果;

[0153] 根据桥梁线形结果与预设设计线形进行对比,得到偏差分析结果。

[0154] 本实施例从设计文档或计算机辅助设计(Computer Aided Design,CAD)模型中获取桥梁的设计线形数据,这通常包括桥梁的预期几何形状和尺寸。利用全标记点信息(即所有标记点的三维坐标),通过数学方法(如最小二乘法)进行线性拟合,得到桥梁的实际线形。将拟合得到的桥梁线形结果与设计线形进行对比,分析两者之间的差异,得到偏差分析结果。

[0155] 对比结果用于评估桥梁施工或使用过程中的偏差,确定是否在可接受的误差范围内。

[0156] 选择合适的数学模型和算法进行线性拟合。常见的方法包括最小二乘法、多项式拟合或其他非线性拟合技术。使用拟合算法,根据标记点的三维坐标确定桥梁的线形折线图。这通常表示为一系列连接各标记点的线段,反映了桥梁的实际形状。分析拟合结果,确定其是否满足预期的精度要求。评估拟合曲线与实际桥梁设计线形的偏差。计算拟合线形与设计线形之间的偏差,这可以为桥梁的施工精度或健康监测提供重要信息。

[0157] 优选地,将桥梁线形结果以图形的方式可视化展示,便于观察和分析桥梁线形的实际情况。线性拟合提供了一种精确的方法来测量和分析桥梁线形。通过三维坐标的拟合,可以全面了解桥梁的实际形状和状态。

[0158] 将实际线形的三维坐标与设计线形进行对比,分析两者之间的差异。这可能涉及到点到线的距离计算、曲线拟合度量等。对比分析结果进行量化,计算偏差值,如最大偏差、平均偏差、偏差分布等。将偏差分析结果以图形或图表的形式展示,如偏差曲线图、偏差直方图等,以直观反映偏差情况。根据偏差分析结果,生成详细的偏差报告。报告应包括关键的偏差数据、可能的原因分析、以及建议的调整措施。

[0159] 在上述实施例中,对于装配式桥梁的线形管理方法进行了详细描述,本申请还提供装配式桥梁的线形管理装置对应的实施例。需要说明的是,本申请从两个角度对装置部分的实施例进行描述,一种是基于功能模块的角度,另一种是基于硬件的角度。

[0160] 基于功能模块的角度,图8为本申请实施例提供的一种装配式桥梁的线形管理装置的结构图,如图8所示,一种装配式桥梁的线形管理装置,包括:

[0161] 拍摄模块21,用于拍摄当前桥梁不同角度的多幅定位靶标图像;

[0162] 识别模块22,用于基于目标检测算法对定位靶标图像进行识别,分类确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点;

[0163] 定位模块23,用于基于椭圆检测算法确定固定靶标标记点与可拆卸靶标标记点的圆形中心的二维像素坐标;

[0164] 分析模块24,用于根据至少两副定位靶标图像的二维像素坐标通过五点算法确定各定位靶标图像对应的相机位姿;

[0165] 转换模块25,用于根据各定位靶标图像的相机位姿,通过三角测量方法将各标记点转换至对应相机坐标系下;

[0166] 拼接模块26,用于将基于定位靶标图像之间重叠的标记点进行拼接并转换到同一世界坐标系,得到包含全部标记点的三维坐标的全标记点信息;

[0167] 拟合分析模块27,用于根据全标记点信息进行线性拟合,得到桥梁线形结果对当前桥梁进行管理。

[0168] 由于装置部分的实施例与方法部分的实施例相互对应,因此装置部分的实施例请参见方法部分的实施例的描述,这里暂不赘述。

[0169] 图9为本申请实施例提供的另一种装配式桥梁的线形管理装置的结构图,如图9所示,装配式桥梁的线形管理装置包括:存储器30,用于存储计算机程序;

[0170] 处理器31,用于执行计算机程序时实现如上述实施例(装配式桥梁的线形管理方法)获取用户操作习惯信息的方法的步骤。

[0171] 本实施例提供的装配式桥梁的线形管理装置可以包括但不限于智能手机、平板电脑、笔记本电脑或台式电脑等。

[0172] 其中,处理器31可以包括一个或多个处理核心,比如4核心处理器、8核心处理器等。处理器31可以采用数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)、可编程逻辑阵列(Programmable Logic Array,PLA)中的至少一种硬件形式来实现。处理器31也可以包括主处理器和协处理器,主处理器是用于对在唤醒状态下的数据进行处理的处理器,也称中央处理器(Central Processing Unit,CPU);协处理器是用于对在待机状态下的数据进行处理的低功耗处理器。在一些实施例中,处理器31可以在集成有图像处理器(Graphics Processing Unit,GPU),GPU用于负责显示屏所需要显示的内容的渲染和绘制。一些实施例中,处理器31还可以包括人工智能(Artificial Intelligence,AI)处理器,该AI处理器用于处理有关机器学习的计算操作。

[0173] 存储器30可以包括一个或多个计算机可读存储介质,该计算机可读存储介质可以是非暂态的。存储器30还可包括高速随机存取存储器,以及非易失性存储器,比如一个或多个磁盘存储设备、闪存存储设备。本实施例中,存储器30至少用于存储以下计算机程序301,其中,该计算机程序被处理器31加载并执行之后,能够实现前述任一实施例公开的装配式桥梁的线形管理方法的相关步骤。另外,存储器30所存储的资源还可以包括操作系统302和数据303等,存储方式可以是短暂存储或者永久存储。其中,操作系统302可以包括Windows、



Unix、Linux等。数据303可以包括但不限于实现装配式桥梁的线形管理方法所涉及到的数据等。

[0174] 在一些实施例中,装配式桥梁的线形管理装置还可包括有显示屏32、输入输出接口33、通信接口34、电源35以及通信总线36。

[0175] 本领域技术人员可以理解,图9中示出的结构并不构成对装配式桥梁的线形管理装置的限定,可以包括比图示更多或更少的组件。

[0176] 本申请实施例提供的装配式桥梁的线形管理装置,包括存储器和处理器,处理器在执行存储器存储的程序时,能够实现如下方法:装配式桥梁的线形管理方法。

[0177] 最后,本申请还提供一种计算机可读存储介质对应的实施例。计算机可读存储介质上存储有计算机程序,计算机程序被处理器执行时实现如上述装配式桥梁的线形管理方法实施例中记载的步骤。

[0178] 可以理解的是,如果上述实施例中的方法以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读存储介质中。基于这样的理解,本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的全部或部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,执行本申请各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(Read-Only Memory,ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory,RAM)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0179] 本实施例提供的计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,当处理器执行该程序时,可实现以下方法:装配式桥梁的线形管理方法。

[0180] 以上对本申请所提供的装配式桥梁的线形管理方法、装置及介质进行了详细介绍。说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的装置而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本申请原理的前提下,还可以对本申请进行若干改进和修饰,这些改进和修饰也落入本申请权利要求的保护范围内。

[0181] 还需要说明的是,在本说明书中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

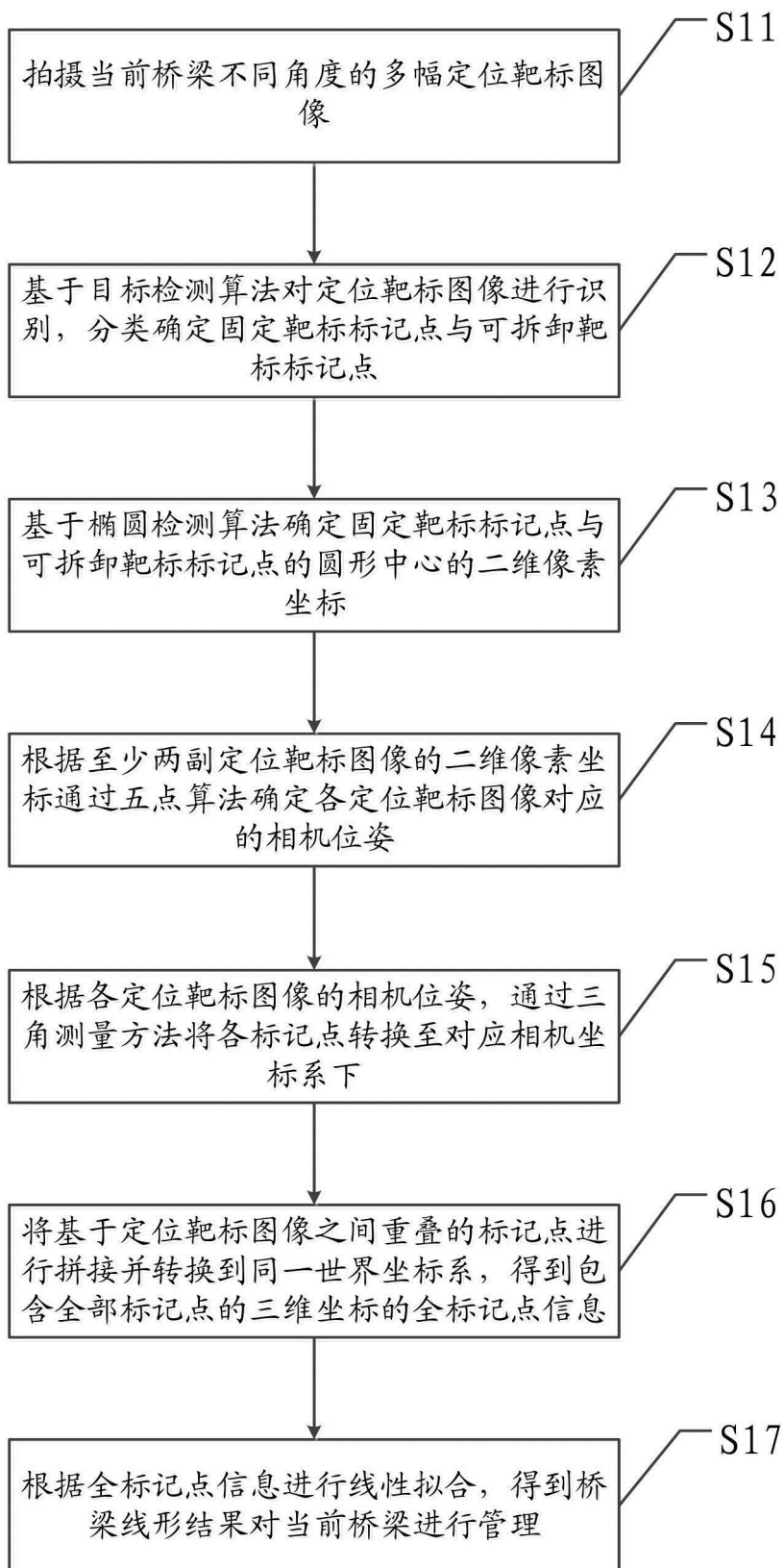


图1

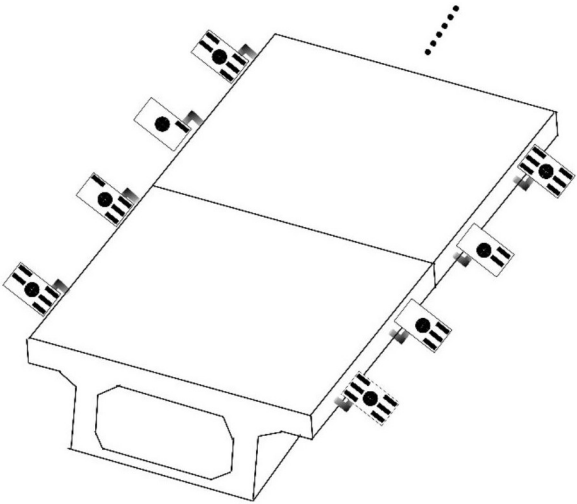


图2

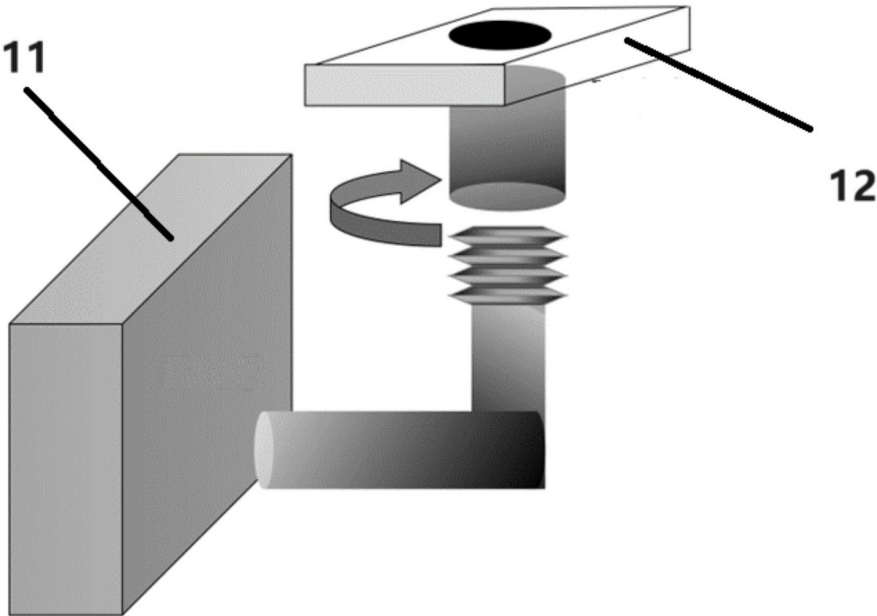


图3

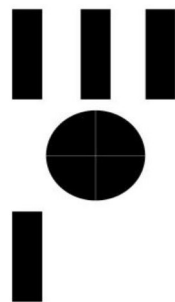


图4

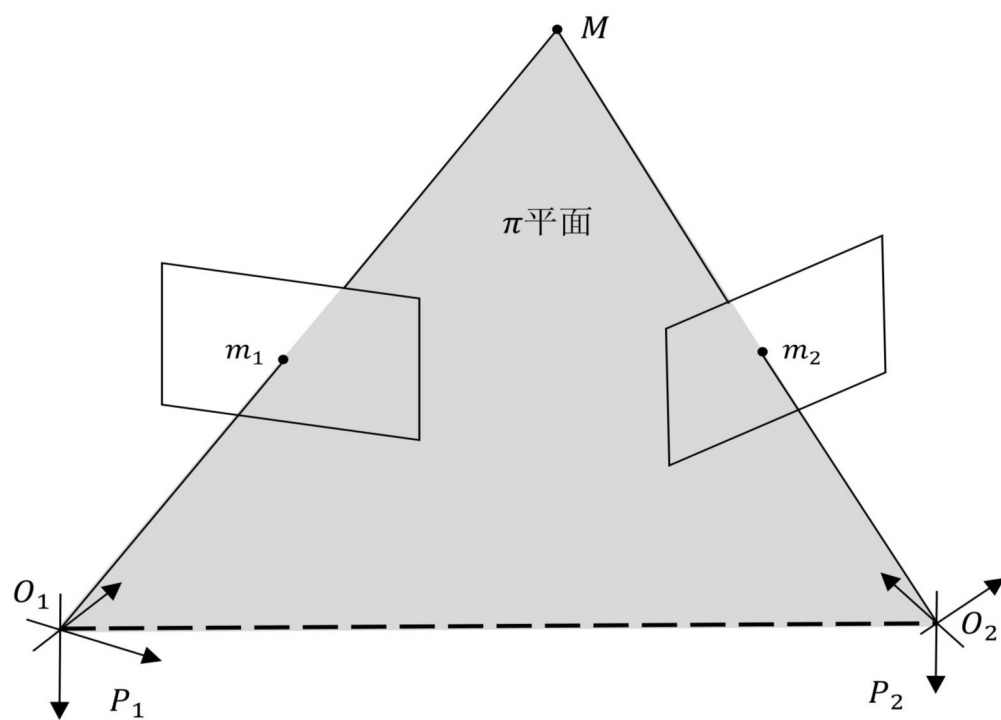


图5

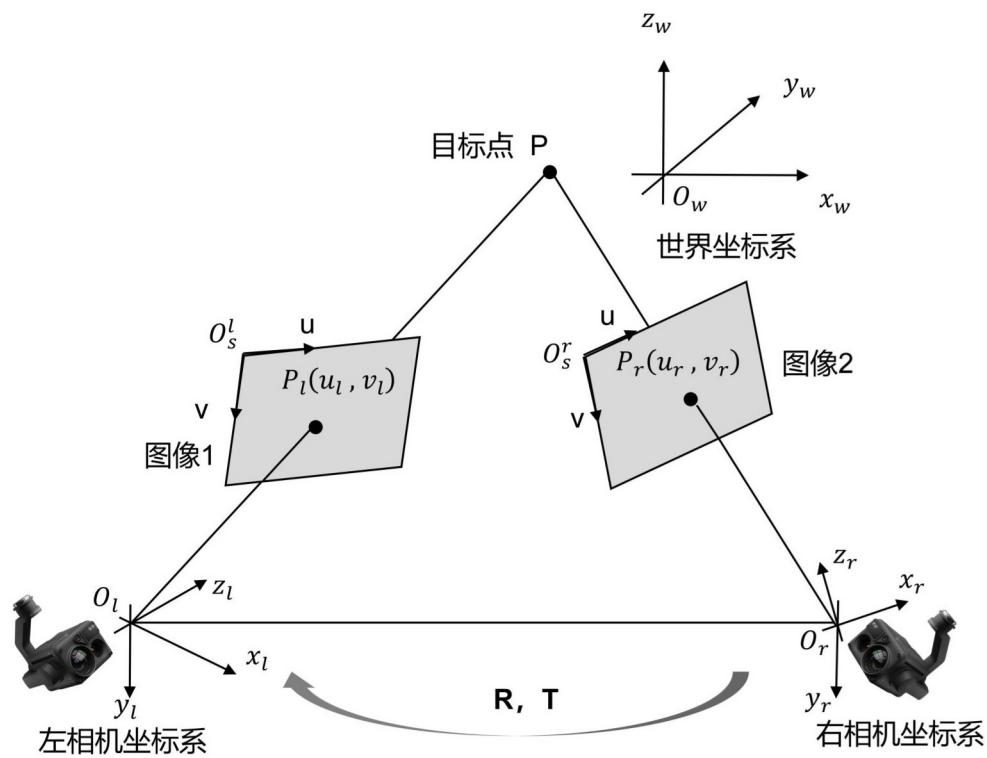


图6

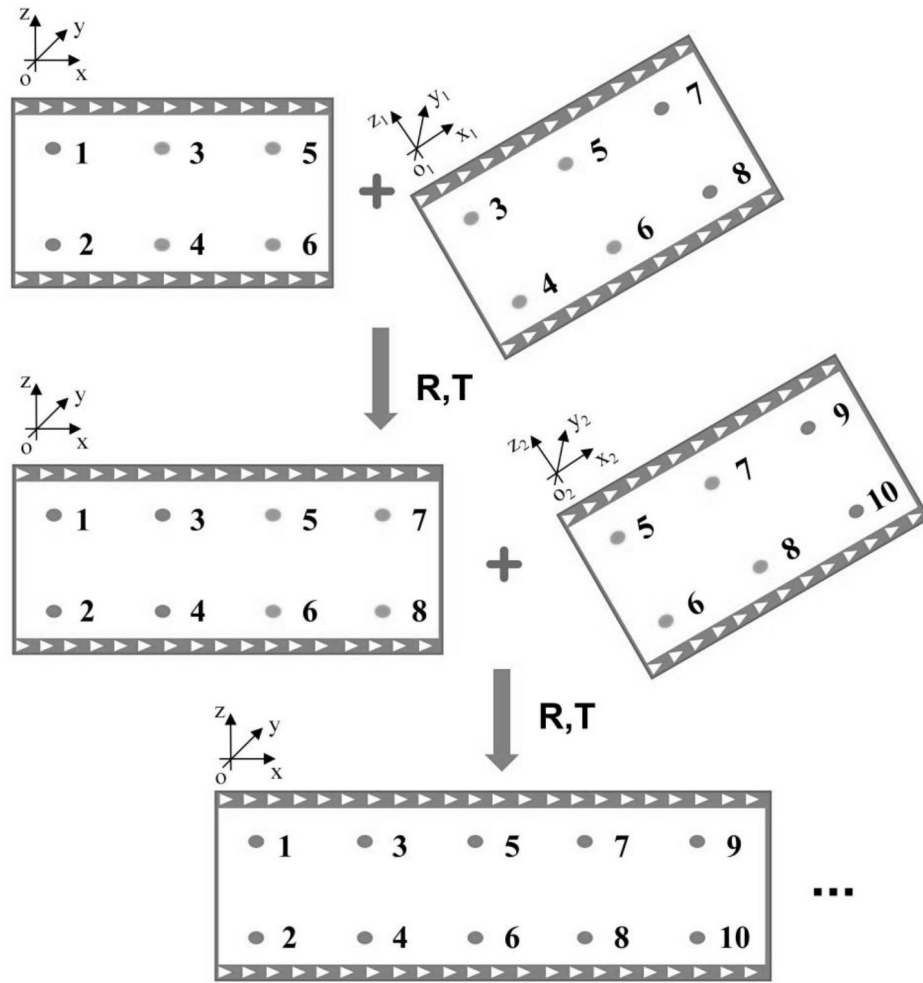


图7

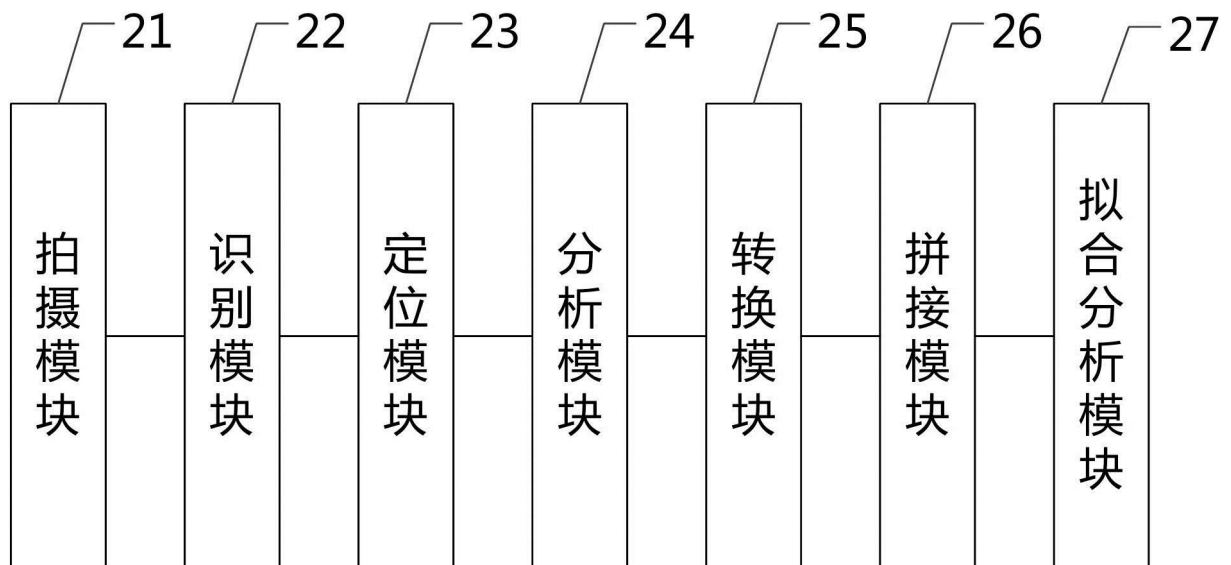


图8

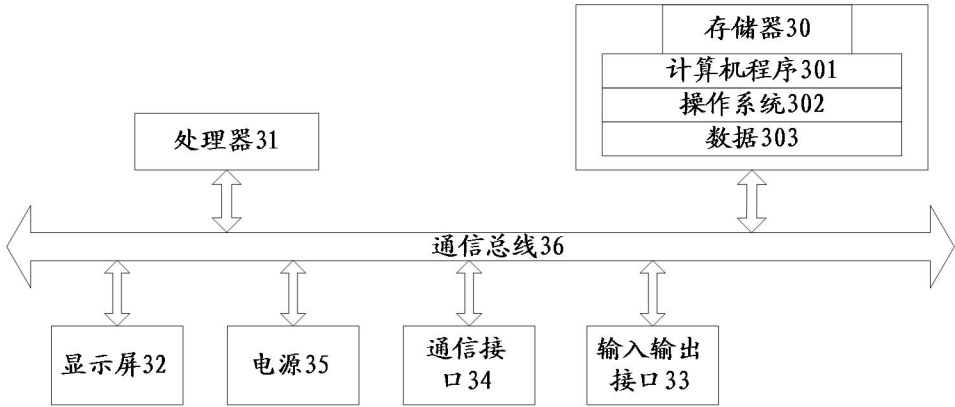


图9